

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD**  
**KATEDRA KYBERNETIKY**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**PLZEŇ 2017**

**Bc. Jan HRANIČKA**

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD  
KATEDRA KYBERNETIKY



**NÁSTROJE PRO VYUŽITÍ POČÍTAČOVÉ  
SYNTÉZY ŘEČI V DIAGNOSTICE  
SCHIZOFRENIE**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Autor práce:

**BC. JAN HRANIČKA**

Vedoucí práce:

**ING. MGR. JAN ROMPORTL, PH. D.**

Plzeň 2017

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím odborné literatury a pramenů, jejichž úplný seznam je její součástí.

V Plzni dne .....

.....  
vlastnoruční podpis

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, Ing. Mgr. Janu Romportlovi, Ph. D., za ochotu a poskytnuté konzultace, cenné rady a odborné vedení. Velké poděkování patří rovněž mé manželce Markétě a rodině za trpělivost a podporu při psaní této práce. Nakonec bych rád poděkoval MUDr. Filipu Španielovi, Ph. D. za odborné rady v oblasti psychiatrie a doporučení odborné literatury.

Tato diplomová práce vznikla za podpory GA ZČU při řešení projektu SGS-2016-059 s názvem „Počítačové modelování a monitorování lidského těla s využitím v lékařství“.

## Abstrakt

Cílem této práce je tvorba sady nástrojů a dat pro experimentální ověření hypotéz navržených odborným pracovníkem Národního ústavu duševního zdraví (NUDZ) v jehož spolupráci je tato práce realizována. Při ověření hypotéz by mohly být nástroje využívány k získávání nového prediktoru pro zatím hypotetický diagnostický nástroj schizofrenie. Tato práce shrnuje základní teoretické poznatky o schizofrenii, zejména výsledky výzkumů v oblasti neuropatologických odlišností pacientů se schizofrenií a zdravých jedinců, což představuje základ navržených hypotéz. Na základě rešerše dosavadního výzkumu jsou navržené hypotézy konkretizovány a blíže specifikována experimentální procedura využívající funkční magnetickou rezonanci (fMRI). Nejdůležitějším cílem práce je vytvoření auditivních stimulů pro experimentální fMRI vyšetření, pro což je využit Pražský závislostní korpus (PDT 3.0), vytvořen jednoduchý generátor syntakticky korektních českých vět a pro generování akustického signálu implementována konkatenační syntéza řeči výběrem jednotek. Výsledky této práce mohou významně přispět na poli diagnostiky schizofrenie, případně jiných psychotických poruch podobných schizofrenii.

**Klíčová slova:** schizofrenie, syntéza řeči, fMRI, diagnostika schizofrenie, generování jazyka, auditivní stimuly, PDT

## Abstract

The aim of this thesis is to create a set of tools and data for experimental verification of hypotheses propounded by a specialist from National Institute of Mental Health (NIMH), in whose cooperation this thesis is realized. In case of successful hypotheses verification, the prepared tools could be used for obtaining of a new predictor for hypothetical diagnostic tool of schizophrenia. This thesis encapsulates basic theoretical findings about schizophrenia, particularly the results of research in the field of neuropathological difference of patients with schizophrenia and healthy individuals, on the basis of which the propounded hypotheses are constructed. Based on research of current findings, the propounded hypotheses are concretized and the experimental procedure using functional magnetic resonance imaging (fMRI) specified in more detail. The most important goal of the thesis is to create auditory stimuli for experimental fMRI screening. For this purposes, it is used the Prague Dependency Treebank (PDT 3.0), developed a simple generator for syntactically correct Czech sentences and implemented concatenative speech synthesis using unit selection approach to generate acoustic signal. Outcomes of this thesis can significantly contribute to the field of diagnosis of schizophrenia or other psychotic disorders similar to it.

**Keywords:** schizophrenia, speech synthesis, fMRI, schizophrenia diagnostics, language generating, auditory stimuli, PDT

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>3</b>
1.1 Epidemiologie schizofrenie . . . . .	3
1.2 Cíle a struktura práce . . . . .	5
<b>2 Schizofrenie: Od symptomů k léčbě</b>	<b>6</b>
2.1 Symptomy . . . . .	6
2.2 Diagnóza . . . . .	7
2.3 Průběh . . . . .	9
2.4 Neurobiologie schizofrenie . . . . .	10
2.4.1 Odchylky ve struktuře mozku . . . . .	10
2.4.2 Funkční zobrazování mozku . . . . .	12
2.5 Léčba . . . . .	12
<b>3 Úloha syntetické řeči při diagnóze schizofrenie</b>	<b>13</b>
3.1 Odlišné vnímání reálných podnětů jako symptom schizofrenie . . . . .	13
3.2 Syntetická řeč v roli auditivních stimulů pro vyšetření ve fMRI . . . . .	15
3.2.1 Paradigma experimentálního vyšetření . . . . .	18
3.2.2 Předpokládaný postup experimentální procedury s využitím fMRI . . . . .	19
3.3 Nástroje a data potřebná pro připravovanou experimentální proceduru . . . . .	20
<b>4 Tvorba statického větného korpusu</b>	<b>22</b>
4.1 Definice frází pro statický větný korpus . . . . .	22
4.2 Pražský závislostní korpus . . . . .	24
4.2.1 Formát a struktura korpusu . . . . .	24
4.2.2 Roviny anotace lingvistických korpusů . . . . .	25
4.2.3 Morfologický popis přirozeného jazyka . . . . .	27
4.2.4 Syntakticko-analytický popis přirozeného jazyka . . . . .	27
4.3 Statický větný korpus . . . . .	28
4.3.1 Selektce vět pomocí PML Tree Query . . . . .	28
4.3.2 Nástroj pro výběr vět ze statického korpusu . . . . .	30
<b>5 Nástroj pro nahrávání frází</b>	<b>32</b>
5.1 Základní aspekty nástroje pro nahrávání frází . . . . .	32
5.2 Kontrolní moduly vstupního řečového signálu . . . . .	35
5.3 Segmentace řečových dat . . . . .	36
5.3.1 Manuální segmentace . . . . .	36
5.3.2 Automatická segmentace . . . . .	37

<b>6</b>	<b>Generátor syntakticky korektních vět</b>	<b>38</b>
6.1	Generování syntakticky korektní věty s využitím větného rámce . . . . .	38
6.1.1	Podmínky syntaktické korektnosti . . . . .	39
6.1.2	Výběr vhodných jednotek a jejich konkatenace . . . . .	39
6.2	Možnosti generátoru vět . . . . .	41
6.2.1	Generování na základě počtu slovních jednotek věty . . . . .	41
6.2.2	Generování na základě počtu požadovaných chyb . . . . .	43
6.2.3	Ukládání vygenerovaných frází . . . . .	44
6.3	GUI pro generátor vět . . . . .	45
6.4	Správce generovaných vět . . . . .	46
<b>7</b>	<b>Syntetizér řeči a editor stimulů</b>	<b>48</b>
7.1	Doménově specifická syntéza řeči výběrem jednotek . . . . .	48
7.2	Editor výsledné akustické stopy . . . . .	50
7.2.1	Editace rozložení stimulů . . . . .	51
7.2.2	Generování akustické stopy pro fMRI vyšetření . . . . .	53
<b>8</b>	<b>Závěr</b>	<b>55</b>
8.1	Dosažené výsledky . . . . .	56
8.2	Návrh na pokračování výzkumu . . . . .	57
	<b>Literatura</b>	<b>58</b>
<b>A</b>	<b>Dokumentace nástroje Corpus Manager</b>	<b>62</b>
A.1	Výběr ze statického větného korpusu . . . . .	62
A.2	Generátor vět . . . . .	63
<b>B</b>	<b>Dokumentace nástroje Sentence Manager</b>	<b>64</b>
<b>C</b>	<b>Dokumentace nástroje Speech Synthesizer</b>	<b>66</b>
C.1	Syntéza a přehrávání auditivních stimulů . . . . .	66
C.2	Editace rozložení auditivních stimulů finální akustické stopy . . . . .	67
C.3	Konkatenace auditivních stimulů a export akustické stopy . . . . .	67

# Kapitola 1

## Úvod

*„Tělo je velmi pochybný přítel, protože produkuje věci, které nemáme rádi.“*

– Carl Gustav Jung (1875–1961)

Schizofrenie — tento termín označující velmi vážnou duševní poruchu zná bezpochyby většina lidí, aniž by se jakýmkoli způsobem s osobami trpícími tímto onemocněním setkali. To však velmi často vyvolává určité (negativní) zkreslení a předsudky. Není divu, o schizofrenii se totiž běžní lidé povětšinou dozvídají pouze z hollywoodských kasovních trháků či článků v bulvárních a populárně naučných časopisech popisujících bestiální vrahy trpící schizofrenií. Nejen to jsou důvody, proč většinová populace vnímá schizofrenii jako něco negativního a na osoby trpící touto duševní poruchou často hledí skrze prsty či s navozenou představou nebezpečných, nevyzpytatelných, tichých a záhadných individuí. Pravda, existují případy, kdy byl drastickým nebo sériovým vrahem člověk trpící schizofrenií [49, 43], resp. existují studie, které do jisté míry dokazují souvislost mezi schizofrenií a zvýšenými sklony k násilí [24]. Na věc je ovšem nutné dívat se z té druhé, nezaujaté stránky bez předsudků, jež jdou bohužel stále ruku v ruce s diagnózou schizofrenie. Ne každý vrah je schizofrenik, naopak, většina schizofreniků vrahové nejsou. Schizofrenií často trpí i inteligentní a vzdělaní lidé, kteří bývají kvůli své chorobě odstrkováni na okraj společnosti a paradoxně bývají více obětmi než pachatelé násilí. Lidé se schizofrenií tak spíše ublíží sobě než ostatním. Příkladem výše uvedeného může být oskarový snímek *Čistá duše (A Beautiful Mind)*, jež zachycuje nelehký život geniálního matematika trpícího schizofrenií, Johna Forbese Nashe mladšího, nositele Nobelovy ceny za ekonomii, jež výrazně přispěl například v oblasti teorie her [28].

### 1.1 Epidemiologie schizofrenie

Současná medicína již umí lidem trpícím schizofrenií pomoci, to však zdaleka neznamená vítězství. Stejně důležité, ne-li důležitější, je včasná a správná diagnostika onemocnění, která je poté následována vhodným léčebným procesem, který je nutné dodržovat. I tím lze zabránit tak fatálním následkům, jako je dokonání sebevraždy, jež je u schizofrenie poměrně časté. Abychom si představili důležitost diagnostiky a léčby schizofrenie, uvedme si v krátkosti základní epidemiologické statistiky o tomto onemocnění, ať už globální či pro Českou republiku.

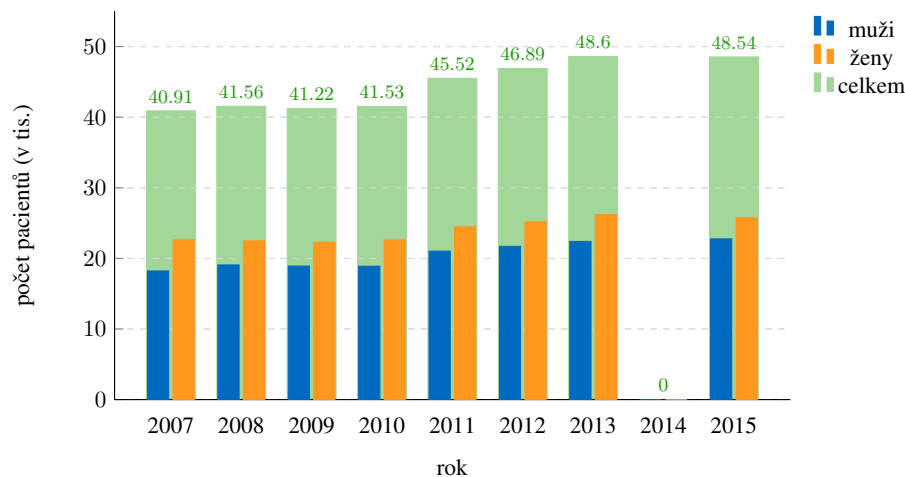
Podle *Světové zdravotnické organizace (WHO)* trpělo schizofrenií v roce 2016 celosvětově více než 21 milionů lidí,<sup>1</sup> přičemž podle statistik je u schizofreniků mortalita 1.6–3krát vyšší než u zbytku běžné populace [42]. Touto nemocí trpěli v uvedeném roce více muži (57%) než ženy

<sup>1</sup>Celoživotní prevalence schizofrenie, tj. počet nemocných jedinců vzhledem k celkovému počtu osob v populaci, se uvádí zhruba 1%. Incidence (nemocnost) je pro obě pohlaví stejná, a to 2–4 případy na 10 000 obyvatel [21].



(43%), přičemž u mužů se onemocnění začíná zpravidla projevovat dříve. Schizofrenie postihuje lidi bez ohledu na rasu, pohlaví či geografickou polohu a začíná se nejčastěji projevovat v rané dospělosti [46, 37]. Schizofrenie je považována za třetí nejrozšířenější příčinu zdravotní nezpůsobilosti (ihned za unipolární depresivní poruchou a závislostí na alkoholu) [16]. Navíc schizofrenie patří mezi jedno z nejdražších duševních onemocnění na světě [47], například ve Spojených státech byly celkové výdaje na léčbu schizofrenie za rok 2016 celkem 254 milionů dolarů [25].

Podle *Ústavu zdravotnických informací a statistik České republiky (ÚZIS ČR)* tvořili pacienti s diagnostikovanou schizofrenií celkem 8% celkového počtu všech pacientů ambulantních psychiatrických zařízení v České republice za rok 2015 [26]. Pro bližší představu, tuto malou část tvoří celkem 48 541 pacientů, z toho většinu (98%) tvoří pacienti nad 20 let věku. Oproti globálním statistikám u nás schizofrenií trpí více ženy, téměř 53%. Graf na obrázku 1.1 poskytuje vývoj počtu žen a mužů s diagnostikovanou schizofrenií v ČR. Ze statistik vyplývá, že od roku 2007 do roku 2015 došlo k celkovému nárůstu počtu pacientů se schizofrenií přijatých v ambulantních zařízeních o téměř 19%.



**Obrázek 1.1** Vývoj počtu léčených pacientů v ambulantních psychiatrických zařízeních na schizofrenii v letech 2007 až 2015 (za rok 2014 chybí údaje). Data byla převzata ze statistik ÚZIS ČR v oboru psychiatrické péče [48] (ročník 2008–2016).

Ačkoliv, jak již bylo řečeno, současná medicína dokáže schizofrenii poměrně účinně léčit, schizofrenie není pouze otázkou její léčby. I samotný pojem schizofrenie si s sebou nese stále velké stigma, které osobám trpícím tímto onemocněním a jejich blízkým už tak náročnou a složitou situaci mnohdy ještě zhoršuje. Často se tak stává, že pacienti zamlčí svou diagnózu nebo tvrdí, že se léčí s depresí z obavy negativní reakce svého okolí či ztráty zaměstnání. Například v Japonsku začali stigma nesoucí se s názvem schizofrenie řešit a v roce 2002 onemocnění přejmenovali na *poruchu integrace (integration disorder)*. A vskutku, dle průzkumů [41] byl nový termín mnohem méně asociován s kriminalitou a obecně pozitivněji akceptován. V češtině je však stále používán původní pojem, který v roce 1911 zavedl švýcarský psychiatr Eugen Bleuler (1857–1939).

Výčet epidemiologických statistik uvedených výše dovoluje vytvořit si obraz toho, jak důležité je se schizofrenií zabývat. Jak důležitou roli hraje včasná a přesná diagnóza schizofrenie nutná k zahájení léčby a celkovému snížení možných následků nemoci. Vize tvorby a přípravy diagnostického nástroje, jež by dopomohl včasné zachytit symptomy začínající či probíhající schizofrenie, právě to se stalo motivací pro realizaci této práce. Diagnostika schizofrenie však představuje velice složitý proces vyžadující odborné znalosti zkušeného psychiatra, který nakonec výslednou

diagnózu určí. A proto je nutné zdůraznit, že by se nejednalo o nástroj, jež by přímo diagnostikoval toto onemocnění, nýbrž o pomocný nástroj, který by mohl přispět k odhalení určitých neuropatologických jevů typických pro schizofrenii a pomohl lékařům v rozhodování o dalším postupu. Cílem této práce je přispět do tvorby konceptu takového diagnostického nástroje, který by jednak mohl lékařům pomoci s určením diagnózy, ale také případně snížit celkové náklady a délku léčby pacienta.

## 1.2 Cíle a struktura práce

Hlavním smyslem a cílem této práce je příprava nástrojů a dat pro neinvazivní experimentální vyšetření, jehož cílem je ověření hypotéz navržených odborníkem v psychiatrické oblasti a konzultantem této práce MUDr. Filipem Španielem, Ph. D z Národního ústavu duševního zdraví (NUDZ)<sup>2</sup> v Klecanech u Prahy, v jehož spolupráci je tato práce realizována. Při ověření navrhovaných hypotéz by mohla být tato experimentální procedura používána pro získání nového prediktoru pro budoucí diagnostický nástroj. Základem navrhovaných hypotéz je odlišná neurobiologická odezva zdravého a schizofrenního jedince na určité auditivní stimuly. Jedním z nejdůležitějších cílů této práce je právě příprava těchto auditivních stimulů, přičemž k jejich tvorbě bude využita počítačová syntéza řeči.

Hlavní cíl práce byl výše formulován, avšak před samotnou tvorbou nástrojů je důležité seznámit se v obecné rovině s problematikou diagnostiky schizofrenie, respektive získat základní znalosti o schizofrenní poruše. Následující kapitola (2) je proto zaměřena na symptomy, průběh, diagnózu a léčbu schizofrenie. Kapitola obsahuje také sekci o neurobiologické podstatě nemoci, a to kvůli samotnému principu navrhovaného experimentu, který bude využívat funkčního zobrazování lidského mozku pomocí funkční magnetické rezonance. Princip, postup a očekávané výstupy experimentálního měření přibližuje kapitola 3, a to včetně konkretizace hypotéz a experimentálního protokolu navržených odborným konzultantem diplomové práce. V této kapitole jsou navíc vytyčeny požadavky na připravované nástroje. V kapitolách 4–7 je popsána funkce jednotlivých nástrojů vytvořených pro účely experimentální procedury, včetně stručného postupu jejich tvorby. Poslední kapitola práce (8) sumarizuje dosažené výsledky a je v ní předložen návrh na pokračování výzkumu. Počáteční kapitoly práce jsou tedy spíše teoretické, zatímco druhá polovina práce se zabývá ryze praktickým řešením diplomové práce.

---

<sup>2</sup>NUDZ je moderní výzkumné a klinické centrum pro oblast duševního zdraví v České republice. Toto centrum sídlí v Klecanech, vzniklo transformací Psychiatrického centra Praha (PCP) a je v provozu od začátku roku 2015 [29].

## Kapitola 2

# Schizofrenie: Od symptomů k léčbě

Schizofrenie (z řeckého *schizein* – „rozštěp“ a *phren* – „mysl“) je závažné duševní onemocnění, jehož podstatou je rozštěp psychických funkcí, respektive celé osobnosti daného jedince. Lidé si často myslí, že se schizofrenie projevuje u všech lidí stejně, pravdou ovšem je, že průběh nemoci a symptomy jsou u každého pacienta jistým způsobem unikátní. Schizofrenie se neprojevuje jedním charakteristickým příznakem, ale celou řadou symptomů, které lze mnohdy odhalit pouze nasloucháním pacienta a pozorováním jeho chování, případně výpovědí osob blízkých. Většina pacientů před hlubšími vyšetřeními zpravidla podstupuje vyšetření na elektroencefalografu (EEG) či zobrazovací vyšetření mozku (fMRI), jedná se však o pomocné metody, jež mají za cíl vyloučit jiné patologie. Pro účely práce je žádoucí získat povědomí o této nemoci a seznámit se v obecné rovině s její diagnostikou a neurobiologickými principy. Jelikož tato problematika je složitá a velmi rozsáhlá, kvůli zamezení přílišného citování je většina informací v této kapitole čerpána z odborných knih *Schizofrenie: Jak předejít relapsu aneb terapie pro 21. století* [3], *Psychiatrické minimum* [14] a *Psychiatry: A Very Short Introduction* [6].

### 2.1 Symptomy

Pro schizofrenii lze symptomy rozdělit do čtyř skupin: pozitivní (psychotické), negativní<sup>1</sup> (poruchy iniciativy a motivace doprovázené sociálním stažením), kognitivní a afektivní (depresivní či manické symptomy). U schizofrenie jsou výrazné zejména první tři vyjmenované.

Jako pozitivní symptomy se obvykle označují ozvučování a vkládání myšlenek, bludy, dezorganizace a halucinace. Při ozvučování, respektive vkládání či odnímání myšlenek má dotýčný pocit, jakoby myšlenky ve své hlavě slyšel, respektive má nepříjemný pocit, že mu myšlenky do hlavy někdo vkládá či naopak se je snaží číst, případně zcizit. Bludy se během vývoje nemoci projevují u více než 90% nemocných, lze je popsat jako mylnou interpretaci prožitků a vjemů. Bludy vznikají během nemoci a je pro ně typická nevyvratitelnost, tedy že se pacient nenechá přesvědčit o nepravdivosti jeho přesvědčení. Pro schizofrenii jsou charakteristické bludy bizarní, jež jsou velice nepravděpodobné až nemožné a nepochopitelné.<sup>2</sup> Dezorganizace řeči a chování je charakteristickým projevem akutní psychózy, od zanedbání vzhledu až po inkohorentní myšlení, které bývá velmi výrazným projevem schizofrenie. Halucinace se mohou projevovat pro všechny

<sup>1</sup>Pojmy pozitivní a negativní symptomy zavedl britský neurolog J. H. Jackson (1835–1911). Pojmy lze stručně vysvětlit tak, že pozitivní jsou ty jevy, jež jsou v „normální“ psychice řekněme „navíc“ (bludy, halucinace), zatímco negativní jsou odrazem ochuzené „normální“ psychiky (apatie, ztráta motivace). Pojmy rozhodně nevypovídají o míře prospěšnosti symptomů, neboť na bludech a halucinacích bychom zřejmě hledali těžko něco pozitivního.

<sup>2</sup>Pro názornost je uveden příklad bizarního bludu napsaného v [40, s. 16]: Pacient je přesvědčen, že mu někdo na dálku přemístil orgány v těle, aniž by tento zákrok zanechal jakékoliv jizvy na jeho těle. Nemocnému tento blud ale nelze vyvrátit ani prokazatelným lékařským vyšetřením.

smysly, avšak nejběžnější bývají halucinace sluchové (mezi 50–70% pacientů) a zrakové (asi 15% pacientů).<sup>3</sup> U sluchových halucinací bývá často pacient předmětem nepříjemného dialogu, kdy jej tyto hlasy kritizují, radí mu nebo se hádají. U schizofrenie jsou charakteristické sluchové halucinace komentující pacientovo myšlení nebo chování, někdy hovořící ve třetí osobě.

Mezi negativní symptomy patří plochý afekt (absence očního kontaktu, neadekvátní afekt apod.), snížená emoční reaktivita, alogie (chudost řeči, latence při odpovědi) a sociální stažení (neschopnost prožívat radost, uzavření se). Sociální odloučení, deprese, negativní myšlení a stres může vést v nejhorších případech až k suicidálnímu jednání. Negativní symptomy se většinou projevují paralelně s těmi pozitivními, je možné je zmírnit či odstranit, ovšem léčba je mnohdy zdlouhavá.

Nejčastěji zjištěnými kognitivními poruchami bývají poruchy pozornosti, deteriorace reakcí a pracovní i dlouhodobé paměti. Kognitivní poruchy lze měřit a ověřovat pomocí neuropsychologických testů, jejichž prototypem se stal tzv. MATRICS<sup>4</sup>. Psychóza může snížit sociální dovednosti, sebedůvěru či důvěru v ostatní lidi, což nutí dotyčného žít v izolaci. Sociální kognice však hraje důležitou roli v interpersonální komunikaci a proto je důležité její změny sledovat.

## 2.2 Diagnóza

V současné době neexistuje žádná laboratorní metoda přímo prokazující schizofrenní onemocnění [3, s. 27], existuje pouze několik pomocných diagnostických metod (nástrojů) usměrňujících diagnózu. Pro určení správné diagnózy je rozhodující pečlivé pozorování pacienta, ať už jeho chování či verbálního projevu. Lékař – psychiatr při určování diagnózy pátrá po symptomech více či méně specifických pro schizofrenní onemocnění, k čemuž bývá používána množina základních otázek. Ukázka vybraných otázek je uvedena v tabulce 2.1. Přímý kontakt lékaře s pacientem zde hraje zásadní roli pro správné určení diagnózy a absence tohoto kontaktu průběh diagnózy velice ztěžuje. Velmi cenné jsou mnohdy i informace o pacientovi podané příbuznými či blízkými přáteli. Důležité je i aktivní pátrání po suicidálních úvahách, a to zejména u mladších pacientů, kde je riziko dokonání sebevraždy vysoké (uvádí se kolem 5%) [32].

Symptom	Otázky
Ozvučování či vkládání myšlenek	Když přemýšlíte, ozvučují se myšlenky? Máte pocit, že vám někdo myšlenky do hlavy vkládá či vám je vykrádá nebo odebírá?
Halucinace	Děje se kolem vás něco neobvyklého? Slyšíte hlasy? Co říkají? Příkazují něco? Máte pocit, že cítíte nějaké doteky na svém těle? Kdo to dělá?
Bludy	Ovlivňuje vás někdo na dálku? Sleduje vás někdo? Čím? Máte mimořádné schopnosti? ...

**Tabulka 2.1** Ukázka základních otázek při pátrání po schizofrenních symptomech (zkrácený seznam z původní tabulky uvedené v [3, s. 22])

<sup>3</sup>Ne všechny halucinace jsou nutně schizofrenním či psychotickým symptomem, například halucinace při usínání (hypnagogické) či probouzení (hypnopompní) jsou poměrně běžné a nejedná se o žádný projev psychózy.

<sup>4</sup>MATRICES je akronymem anglického Measurement and Treatment Research to Improve Cognition in Schizophrenia. Jedná se o testovou baterii sloužící zejména pro dlouhodobé sledování zlepšování jednotlivých kognitivních funkcí pacienta [30].

Zjištěné symptomy se poté rozřídí ují podle příslušných kapitol psychiatrických klasifikací. V současnosti se používají dva klasifikační manuály: DSM<sup>5</sup> (Diagnostic and Statistical Manual) a ICD-10<sup>6</sup> (International Classification of Diseases). Podle manuálu ICD-10 jsou psychotické poruchy označovány kódem F20.x - F29.x, kde schizofrenie je označena kódem F20.x a její subtypy číslicí za tečkou (viz tabulka 2.2).

Subtyp	Kód	Klasifikace ICD-10	Klasifikace DSM-4
Paranoidní	F20.0	paranoidní bludy obvykle doprovázené sluchovými halucinacemi	jeden nebo více bludů nebo časté sluchové halucinace
Hebefrenní <sup>7</sup>	F20.1	proměnlivé bludy a halucinace, nevhodné a nepředvídatelné chování, manýrování, nepřiměřená nálada, inkoherece	dezorganizace řeči, chování, oploštělá nebo nepřiměřená emotivita
Katatonní	F20.2	psychomotorické příznaky, hyperkineze, stupor, povelový autismus, negativismus, nástavy	katalepsie, stupor, nemotivovaná nadměrná motorická aktivita, extrémní negativismus, mutismus, pózování, grimasování
Nediferencovaná	F20.3	obsahuje rysy více subtypů	nesplňuje kritéria pro paranoidní, dezorganizovaný ani katatonní typ
Reziduální	F20.5	dlouhodobé negativní příznaky, zhoršená sociální výkonnost	trvale se projevují negativní příznaky nebo dva a více oslabených symptomů
Postschizofrenní deprese	F20.8	depresivní epizoda po odeznění floridních schizofrenních příznaků	porucha určená pro další výzkum
Simplexní	F20.9	plíživý rozvoj podivínského chování	porucha určená pro další výzkum

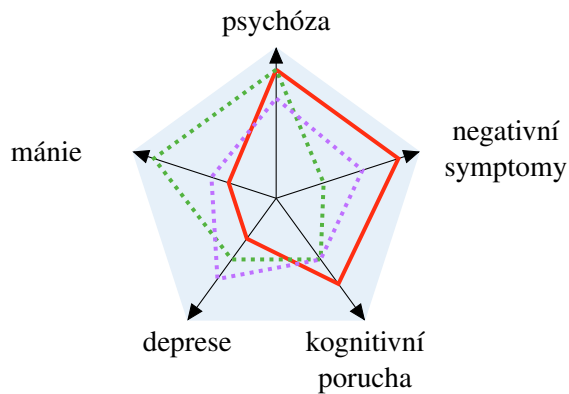
**Tabulka 2.2** Nejčastější typy schizofrenie spolu s jejich kódováním a popisem z klasifikačního diagnostického manuálu ICD-10 a DSM-4 (převzato z [3, s. 26], kódy doplněny z manuálu ICD-10 [17]).

Diagnóza samotná se však může časem měnit (tzv. diferenciální diagnóza), a to zejména kvůli poměrně značné variabilitě příznaků a závislosti na standardizovaných diagnostických klasifikačních manuálech (viz již zmíněné DSM či ICD). V kontextu diferenciální diagnózy tak lze schizofrenii vymezit jako psychózu s bizarními bludy, negativními symptomy trvajících delší dobu a s nedominantními afektivními symptomy [31], což je znázorněno na obrázku 2.1.

<sup>5</sup>DSM (v současné 5. verzi značené DMS-5) je prací několika stovek mezinárodních expertů na poli psychiatrie, definuje a klasifikuje nemoci s cílem zlepšit diagnózu, léčbu a výzkum psychických poruch [2].

<sup>6</sup>ICD-10 je přeložen do 43 světových jazyků, je oficiálně používán od roku 1990 a doposud citován ve více než 20 tisíci odborných člancích.

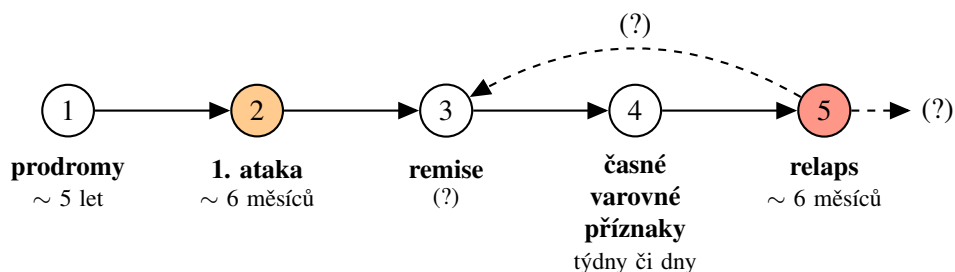
<sup>7</sup>U hebefrenní schizofrenie je převažující dezorganizace.



**Obrázek 2.1** Znázornění hypotetické diagnózy schizofrenie (červená čára), bipolární poruchy (zelená tečkovaná čára) a schizoafektivní poruchy (fialová tečkovaná čára) na pěti základních psychopatologických dimenzích určujících míru výskytu daného jevu. Obrázek rekonstruován na základě informací v [31].

## 2.3 Průběh

Akutní příznaky schizofrenie se začínají většinou projevovat mezi 20–30 rokem, tomu však předcházejí tzv. *prodromy*, jež představují nespecifické příznaky, jako je náladovost, nedostatek energie a seběvědomí či zhoršení paměti. Prodromy se často vyskytují již v období adolescence (15 let a více), a tak je i mnohdy těžké tyto symptomy odlišit od komplikovaného dospívání jedince. Počáteční vývoj schizofrenie lze interpretovat 5 fázemi, které jsou znázorněny na obrázku 2.2 s přibližnou délkou jejich trvání.

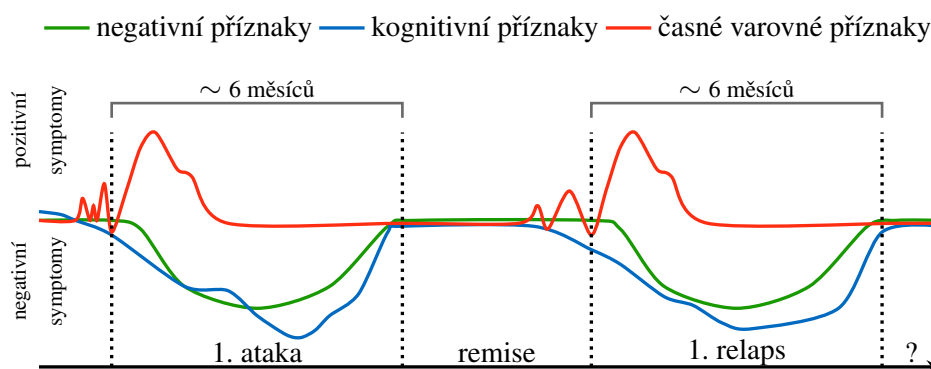


**Obrázek 2.2** Vizualizace jednotlivých fází schizofrenie. Jak bude onemocnění probíhat po relapsu nelze předvídat, u schizofrenie je však velice typický cyklický průběh (střídání epizod remise a relapsu). Délka období remise je taktéž variabilní.

Schizofrenie se projevuje zpravidla tzv. *atakou* (prudkým zhoršením nemoci nebo jejích symptomů) akutních psychotických příznaků. Ataka je období pozitivních, negativních a kognitivních symptomů, přičemž ty pozitivní převládají. Akutní ataka se vyznačuje zřetelným zhoršením kontaktu jedince s realitou a takřka ve většině případů je nutná hospitalizace. Negativní a kognitivní symptomy zasahují jedinci do života zejména po propuštění z léčebny, ve které je záměrně kvůli léčbě udržováno nestresové prostředí. Včasná léčba 1. ataky je velice důležitá, více v sekci Léčba (2.5).

Po atace a zaléčení symptomů nemoci následuje meziobdobí klidu, tzv. *remise*. Pokud pacient přestane dodržovat léčbu, např. brát farmakologickou medikaci, s velkou pravděpodobností následuje epizoda tzv. *relapsu*, tedy období znovuzplanutí příznaků nemoci, které byly do té doby v remisi.

Mezi relapsy, popř. první atakou, předchází období tzv. *časných varovných příznaků*, jež se vyznačují nespavostí, nesoustředěností, nervozitou, netrpělivostí, zhoršením paměti, nechutenstvím či ztrátou zájmu o společenský kontakt. Tyto příznaky je velmi důležité odchytnit, resp. předvídat, neboť mohou signalizovat blížící se relaps a tedy opětovné propuknutí akutního stavu nemoci. Sám pacient však kvůli odloučení se od reality není většinou schopen relaps sám rozpoznat. V České republice se velmi dobrým nástrojem pro hlídání časných varovných příznaků stal tzv. program ITAREPS, o němž se dozvíte více v sekci Léčba (2.5). Zda přijde další relaps, je velice těžké odhadnout. Na obrázku 2.3 je pro lepší představu dosavadního popisu vyobrazena dynamika onemocnění. Jak se příznaky schizofrenie projevují v lidském mozku a jak je lze zachytit se dočtete v následující kapitole Neurobiologie schizofrenie (2.4).



**Obrázek 2.3** Vizualizace průběhu psychotických onemocnění, mezi něž patří i schizofrenie. Obrázek vytvořen na základě [40, s. 32].

## 2.4 Neurobiologie schizofrenie

Současná medicína se stále snaží zjistit, jak lidský mozek zpracovává svět, ve kterém žijeme. Výzkum schizofrenie a snaha o odhalení, pochopení a popsání neurobiologické podstaty této nemoci je tak zároveň i cestou za samotným poznáním lidského mozku. Současná medicína však nedokáže prokazatelně vysvětlit příčiny vzniku schizofrenie a dosavadní znalosti jsou spíše tápáním ve tmě, než robustními vědeckými důkazy. Neurobiologie schizofrenie je pro podstatu této práce důležitá, a proto jsme se rozhodli zde uvést alespoň základní shrnutí z této oblasti výzkumu.

### 2.4.1 Odchytky ve struktuře mozku

Ačkoliv bychom se mohli domnívat, že tak závažné psychické onemocnění s negativním dopadem na psychické i fyzické zdraví člověka, jakým schizofrenie bezpochyby je, musí způsobit i nějaké opravdu výrazné změny ve struktuře mozku, realita je jiná. Současná medicína doposud nepotvrdila žádné signifikantní neuroanatomické nálezy u pacientů se schizofrenií. Soustřed' me tedy nyní pozornost alespoň na ty nálezy drobné.

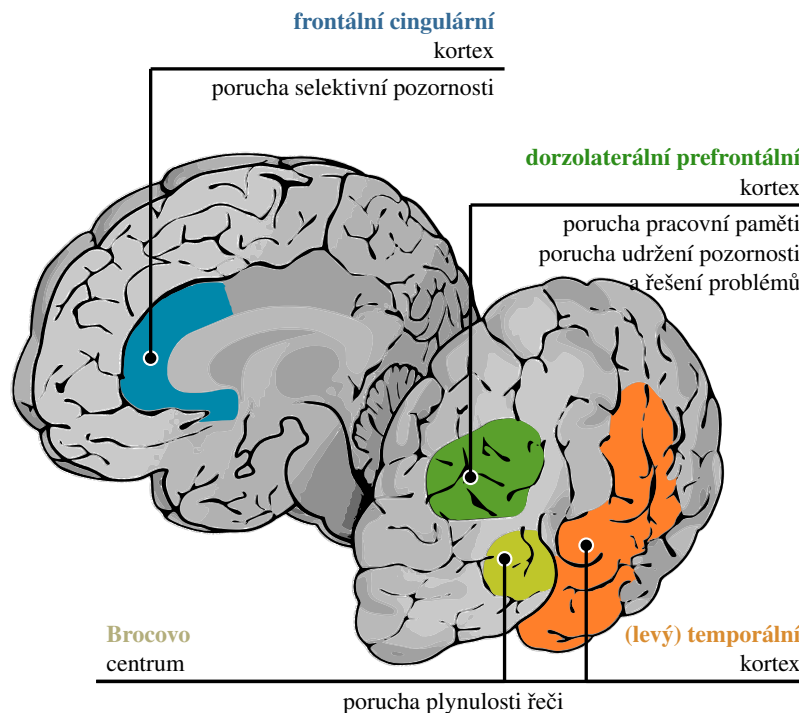
Již ve 20. letech minulého století vědci popsali pomocí rentgenové pneumoencefalografie (PEG)<sup>8</sup> snížení celkového objemu mozku u schizofrenních pacientů. Tyto nálezy však byly velmi nespecifické, neboť se vyskytovaly i u jiných neurologických onemocnění. Změna přišla teprve

<sup>8</sup>Jedná se o metodu zobrazování nitrolebních mozkových cest a komor pomocí vzduchové náplně, jež je vpuštěna namísto malého množství mozkomíšního moku (10-30ml). Pomocí RTG pak lze posoudit změny tvaru a polohy cest a komor. Jedná se o extrémně bolestivou metodu, jež byla používána do 70. let minulého století [44].



až s příchodem detailnější zobrazovací techniky v podobě magnetické rezonance (Magnetic Resonance Imaging; MRI), několika tun oceli se supravodivou cívkou ponořenou do tekutého hélia produkující obrovské magnetické pole. Pomocí MRI se zjistilo, že odchylka v šedé kůře mozkové se regionálně od populační normy liší v průměru o 3%, v případě hipokampu o 8%. Velkou výhodou MRI byl také způsob zpracování získaných dat pomocí metody ALE (Anatomical Likelihood Estimation). Tato metoda dovoluje data nashromážděná více týmy vložit do jednoho normalizovaného virtuálního prostoru a získat tak přesvědčivá metaanalytická data.

Z výsledků metaanalýz vyplývá, že dochází k redukci objemu v oblasti kolem Sylviovy rýhy. Navíc, změny morfologie mozku nejsou statické, ale progradují časem. Je možné, že se na postupujících změnách morfologie mozku podepisují zejména relapsy a působení akutních psychotických symptomů. Podle studií uvedených v [40, s. 40] existují korelace mezi úbytkem šedé hmoty a délkou neléčené psychózy, resp. redukcí hustoty šedé hmoty a počtem relapsů. Akutní projevy schizofrenie tak patrně zanechávají v mozku trvalé strukturální stopy. S každým dalším relapsem se tedy způsobují nevratné změny v mozku, které se samozřejmě podepisují i na dlouhodobém fungování jedince.

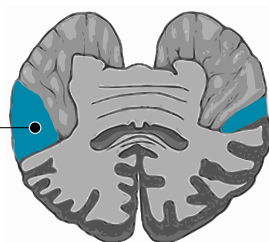


**Obrázek 2.4** Oblasti mozku, jejichž struktura se oproti běžné populaci u schizofrenie liší, včetně oblastí souvisejících s kognitivními poruchami. Zdroj ilustrace a informací z [27, s. 283].

V dalších studiích vědci zjistili strukturální změny v bílé hmotě, respektive v ultrastruktuře bílé hmoty. Jedná se zejména o narušení oblastí v hloubi frontálního a temporálního laloku. Velice zajímavým zjištěním pak bylo, že tyto oblasti obsahují svazky, jež v zásadě propojují tyto oblasti s regiony, kde byla zjištěna i redukce šedé hmoty. Oblasti mozku, jež jsou významně spojovány s projevy schizofrenie, jsou vyznačeny a popsány na obrázku 2.4. V neposlední řadě je třeba zmínit ještě jednu výraznou změnu. Je již známé, že lidský mozek je svým uspořádáním asymetrický, nejvýrazněji pak v oblasti planum temporale ve prospěch levé hemisféry, viz obrázek 2.5. Tato fyziologická asymetrie je však u schizofrenie výrazně potlačena a ačkoliv jde o robustní nález, zatím není vysvětlena příčina [20].



planum temporale



**Obrázek 2.5** Oblast *planum temporale* (modrá) vyznačená na předozadním řezu mozkovou strukturou. Na první pohled je patrná fyziologická asymetrie u levé hemisféry.

## 2.4.2 Funkční zobrazování mozku

Další významné nálezy přineslo použití funkčních zobrazovacích metod, jako například pozitronové emisní tomografie<sup>9</sup> (PET) a funkční magnetické rezonance (fMRI). Tyto metody odhalily sníženou funkci prefrontální dorzolaterální (viz obrázek 2.4) kůry u schizofrenních pacientů, a to jak při zátěži (např. kognitivními testy), tak i v klidovém stavu. Podle studie [9] byl tento nálezn objeven i u přímých příbuzných, což naznačuje, že u schizofrenie hrají roli i geny přenášející určitou „dispozici ke schizofrenii“. Více o funkčních zobrazovacích metodách, zejména o fMRI, se dočtete v kapitole s návrhem paradigmatu nové pomocné diagnostické metody. O tom, jak lze využít funkční zobrazování k nalezení jádrových příznaků schizofrenie, se dočtete v kapitole 3.

## 2.5 Léčba

Mnohé studie dokazují, že současná medicína umí odstraňovat nejen symptomy schizofrenie, ale také pomoci pacientům vrátit se a žít normální život, obstat v běžných každodenních činnostech a zaměstnání. Stále je však v základu nutná farmakoterapeutická léčba antipsychotiky, jichž v současné době existují desítky, je ale nutné sledovat účinnost a vedlejší účinky. Antipsychotika odstraňují symptomy nemoci a působí proti relapsu (oproti placebo snižují antipsychotika riziko relapsu 3–10x), samotná farmakoterapie však na celé onemocnění ani zdaleka nestačí a je nutné ji podpořovat psychosociálními intervencemi. Denní stacionáře, krizová centra a další podpůrné programy pomáhají pacientům zvládat stres, kterému zejména schizofrenici čelí hůře, potlačovat obavy z relapsu atp. Velice důležité je taktéž sledovat časné varovné signály, pro jejichž hlídání byl zaveden program ITAREPS, jak již bylo zmíněno v sekci o průběhu schizofrenie (2.3). ITAREPS dovoluje pomocí moderních informačních a komunikačních technologií a krátkého normalizovaného dotazníku, jehož výsledky jsou automaticky posílány lékaři, sledovat a odchyťávat zmíněné příznaky. Uvádí se, že tento program snížil počet hospitalizací o 70% [1, 40].

Mezi značné rizikové faktory u schizofrenie patří zejména stres a užívání drog. Odhaduje se, že užívání marihuany v adolescenci je zodpovědné za 8–14% případů schizofrenie [3, s. 46]. Pomoc pacientům se schizofrenií ale není jen otázkou farmakologické léčby, hospitalizace a psychosociálních intervencí. Bylo by třeba více rozšířit povědomí o tomto onemocnění a odstranit předsudky a stigma nesoucí se s pojmem schizofrenie. Léčba schizofrenie by jistě zastoupila svou samostatnou kapitolu, pro tuto práci však není příliš významná, a proto postačí tyto základní informace.

<sup>9</sup>Zobrazovací metoda PET spadá do oboru nukleární medicíny. Základním principem této metody je lokalizace míst vzniku fotonů  $\gamma$ -záření vznikajících anihilací pozitronů uvolněných podanou radioaktivní látkou - často radionuklid uhlíku či kyslíku [45].

## Kapitola 3

# Úloha syntetické řeči při diagnóze schizofrenie

Opusťme nyní obecný popis schizofrenie, popis současných diagnostických metod a neurobiologického pozadí této duševní poruchy a přesuňme se k samotné podstatě této diplomové práce. Již v úvodní kapitole jsem zmínil cíle práce, ovšem velice stručně. Nyní, po získání základních informací o schizofrenii z předchozí kapitoly, mohu cíle práce specifikovat mnohem podrobněji. V následujících odstavcích bych tedy rád přiblížil, jaké hypotézy jsou jádrem navrhované experimentální procedury, jakým způsobem budou získané teoretické znalosti využity v praxi a hlavně, jaké nástroje je potřeba pro experimentální proceduru připravit.

### 3.1 Odlišné vnímání reálných podnětů jako symptom schizofrenie

Diagnostika psychické poruchy, jako je schizofrenie, spočívá v pozorování projevů různých symptomů. Těch je opravdu mnoho, jak jsem zmínil již na začátku předchozí kapitoly. Je tedy otázkou, jaký symptom, respektive množinu symptomů pozorovat a jaký prostředek k pozorování použít. Opomineme-li vizuálně snadno pozorovatelné symptomy ve formě nekontrolovaných záškubů, očních tiků či absence očního kontaktu, které však nemusí být vždy projevem pouze schizofrenie nebo se u jedince neprojevují, přichází v úvahu sledovat abnormality v odezvě mozku pacienta během kognitivního zatížení při vyšetření nějakou zobrazovací technikou. V současné době se k tomuto účelu velmi hojně používá zobrazování pomocí funkční magnetické rezonance, označované jako fMRI. Díky detailnímu zobrazování lidského mozku tak lze pozorovat a poměrně úspěšně určit, jaká centra v mozku jsou aktivována určitými stimuly, a následnou analýzou získaných snímků rozhodnout, zda je odezva normální, či abnormální. Tento přístup mimochodem využívá i nespočetné množství studií v oblasti neurověd a pro tuto práci byl doporučen odborným konzultantem.

Správná volba formy stimulů pro kognitivní zatěžování je velice důležitá k tomu, aby byly určité oblasti mozku dostatečně zatíženy a aktivovány. Teprve potom je možné nějaké změny v tak složité mozkové struktuře najít, identifikovat a odlišit běžnou a abnormální odezvu. Schizofrenie je nejčastěji spojována s halucinacemi – ať už jde o auditivní (sluchové), vizuální či jiné. Halucinace jakožto kvalitativní kognitivní porucha je jedním z nejčastějších symptomů u schizofrenie, to bylo řečeno již v sekci 2.1 v předchozí kapitole. Auditivní halucinace přitom má až 70% pacientů se schizofrenií [7, 3]. Tento výrazný pozitivní symptom však není pouhým ozvučením myšlenek uvnitř hlavy, to ve své podstatě dělá většina lidí, když přemýšlí nebo si v duchu něco představuje. Auditivní halucinace představují vjem ztotožnitelný s vnějšími událostmi. Pacient, jenž prožívá

sluchové halucinace, tyto auditivní stimuly považuje za zcela reálné a často vůbec nebere v úvahu, že by tyto stimuly mohly být imaginární. Pro některé lidi je tak obtížnější rozlišit, co je reálné a co je pouze výplodem jejich fantazie. Jak jsem zmínil již v úvodu (1.2), právě odlišné vnímání auditivních stimulů zdravých jedinců a schizofreniků je základem hypotéz navržených odborným konzultantem práce. Pro pochopení tohoto možného odlišného vnímání reality jsem se rozhodl udělat rešerši několika vědeckých studií, které se uvedenou problematikou zabývají. Na jejich základě pak následně konkretizují navržené hypotézy a blíže specifikují postup a očekávané výstupy experimentální procedury.

Skupina vědců z University of Cambridge provedla několik zobrazovacích fMRI studií [5, 38, 11], ve kterých zjišťovali, co může způsobovat zkreslení reality a neschopnost či sníženou schopnost odlišit od sebe reálné a imaginární podněty. Na základě těchto studií byla jako klíčová mozková struktura zodpovědná za toto zkreslení identifikována oblast označovaná jako tzv. paracingulární brázda (označována jako PCS – *Paracingulate Sulcus*). Tento záhyb v oblasti prefrontálního kortexu, který je spojován s plánováním, myšlením a usuzováním, je co se týče velikosti u lidí značně variabilní, přičemž někteří mají tuto brázdu pouze u jedné z mozkových hemisfér a zhruba 27% populace PCS vůbec nemá. Zajímavé pak je, že téměř u poloviny jedinců (44%) s diagnostikovanou schizofrenií je prokázána právě absence PCS.

Dalším a pro tuto práci významnějším výsledkem studie je však důkaz, že jedinci s absencí PCS byli znatelně hůře schopni určit původce stimulů. Dobrovolníci podstoupili kognitivní test, kde jim byly prezentovány běžné a známé kolokace, jako například „Romeo a Julie“, popřípadě pak pouze první polovina kolokace „Romeo a ?“, kdy si měli druhou polovinu slovního páru domyslet. Účastníci byly dále buďto požádáni o přečtení výrazu nahlas, nebo jim výraz přečetl experimentátor. Po dokončení kognitivního testu podstoupili dobrovolníci paměťový test, kde měli určit, zda si druhou část kolokace domýšleli či nikoliv, a jestli kolokaci četli nahlas oni nebo jim ji četl experimentátor. Zároveň s tím měli za úkol odhadnout, do jaké míry jsou přesvědčeni o věrohodnosti svých vzpomínek. Jedinci s úplnou absencí PCS dopadli významně hůře při určování toho, kdo opravdu četl danou kolokaci, ačkoliv uváděli míru věrohodnosti svých vzpomínek na téměř stejné úrovni, jako ostatní skupiny (jednostranná absence PCS, resp. žádná absence PCS). Při absenci PCS, což je dle studie u schizofrenie poměrně běžné, tedy dochází k tomu, že pacient není schopen věrohodně určit původ děje/stimulu.

Nejnovější přehledová studie [39] vedená Jonem Simonsem, jenž se podílel i na studiích uvedených výše, dokládá zhoršenou schopnost odlišit reálné a imaginární stimuly u pacientů se schizofrenií. Tento deficit byl prokázán u 19 z 20 uvedených studií zaměřených na schizofrenii. Výsledky některých z nich navíc naznačují, že u pacientů, kteří zažili halucinace, je tato schopnost ovlivněna více než u těch, kteří nemají žádný záznam o projevu tohoto symptomu. Opomeneme-li ostatní výsledky více neurobiologického rázu, tato informace je velice důležitá pro formování experimentální procedury.

Schopnost odlišit od sebe reálné vzpomínky na události, jež se opravdu odehrály, a vzpomínky na události, které byly interně generovány v mysli, představuje problematiku, kterou se zabývá velké množství studií zejména v neurologické oblasti výzkumu, v mnoha případech právě při studiu příčin, projevů a strukturálních změn u schizofrenie, případně původu a projevu halucinací. Chybné přisuzování zdroje vjemu je častější u auditivních než vizuálních stimulů, zřejmě kvůli tomu, že „vnitřní hlas“ a reálná řeč bývají podobnější, než vizuální představy a skutečné vizuální vjemy [10]. V tomto ohledu jsou tedy auditivní stimuly náchylnější k nesprávné identifikaci zdroje, tedy zda se jedná o externí stimul z okolního reálného prostředí či jde o interně generované stimuly.

Množství vědeckých studií se zaměřilo na výzkum vnímání auditivních stimulů, s jakými neurálními oblastmi jsou spojené odezvy na stimuly (pověětšinou zjišťováno vyšetřením pomocí fMRI) a jestli jsou u schizofreniků odezvy významně odlišné. Například tak ve studii [7] zjistili, že lidé trpící schizofrenií mají signifikantně vyšší frekvenci falešných poplachů při úloze rozpoznávání hlasů na pozadí šumu. Pacienti se schizofrenií tak špatně rozpoznávali, zda se na pozadí šumu opravdu vyskytuje hlas či nikoliv.

V metaanalytické studii [18] provedl norský vědecký tým analýzu fMRI a PET vyšetření pacientů se schizofrenií a kontrolní skupiny, kteří během měření podstupovali kognitivní zatěžování externími auditivními stimuly. Data z celkem 11 studií zabývající se touto problematikou byla zpracovávána metodou ALE (viz. 2.4.1). Z výsledků metaanalýzy vyplývá, že pacienti se schizofrenií měli během auditivní stimulace sníženou aktivitu v oblasti levého temporálního gyru a Brocovo řečového centra ve srovnání s kontrolní skupinou zahrnující zdravé subjekty. Další odlišnosti pak byly zpozorovány v oblasti frontálního cingulárního kortexu a v oblastech poblíž hippokampu. Tyto oblasti jsou vesměs zobrazeny na obrázku 2.4 v předchozí kapitole a jsou spojovány právě s projevy schizofrenie.

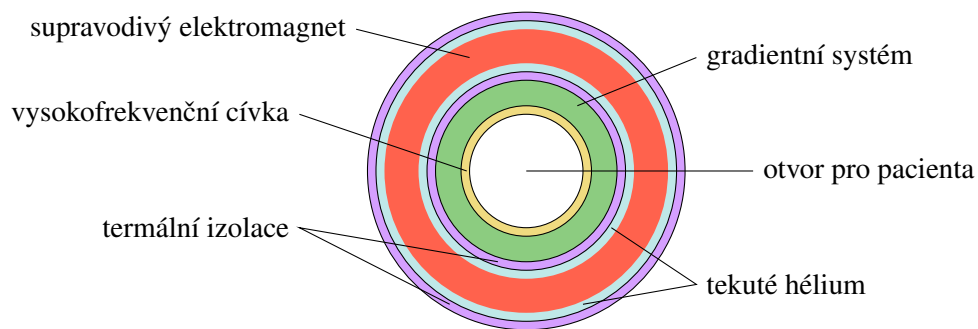
Výsledky výzkumů fMRI a jiných zobrazovacích vyšetření schizofrenie v přehledové studii [20] dokazují, že lidé trpící touto duševní chorobou mají zhoršenou funkčnost mozku spojenou se zpracováním jazyka. Výsledky dokládají strukturální a funkcionální abnormality v oblastech mozku zodpovědných za vnímání a zpracování jazyka. Epidemiologické a klinické studie [33, 15], uvedené taktéž v tomto přehledu, reportují, že abnormality zpracování jazyka mohou předcházet samotnému onemocnění. Jejich sledováním by tedy mohlo být možné odhalit schizofrenii ještě před první atakou. Některé fMRI studie pak také poskytují důkazy o poruše reprezentace a zpracování významu slov či textu u lidí se schizofrenií. Je tedy velice pravděpodobné, že jedinci se schizofrenií budou hůře zpracovávat komplexnější věty a méně reagovat na odchylky na sémantické úrovni jazyka.

## 3.2 Syntetická řeč v roli auditivních stimulů pro vyšetření ve fMRI

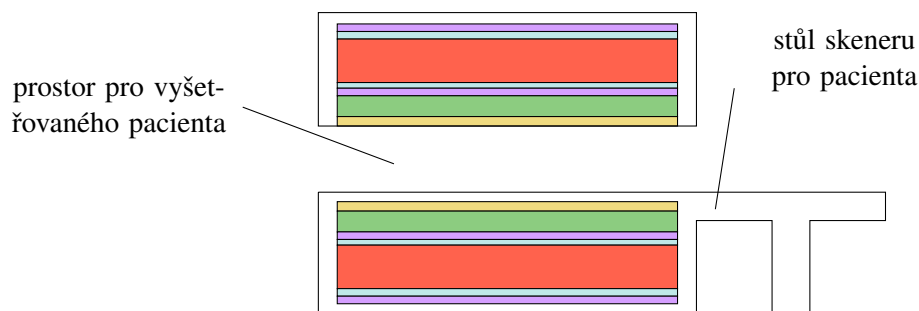
Výše uvedená rešerše dosavadních výzkumů mi dává možnost konkretizovat navržené hypotézy a postup experimentální procedury, princip experimentálního vyšetření, strukturu auditivních stimulů potřebných pro kognitivní zatěžování a celkový postup experimentální procedury, pomocí které je cílem ověřit navržené hypotézy. Jako pozorovací nástroj pro experimentální měření byla odborným konzultantem doporučena a zvolena funkční magnetická rezonance (fMRI), kterou mají lékaři na pracovišti v NUDZ k dispozici. Podrobný popis vyšetření na fMRI je mimo rámec této práce, je však na místě pochopit a uvést alespoň ve stručnosti, jak tato zobrazovací technologie funguje, abych připravované materiály tomuto vyšetření přizpůsobil. Jako zdroj informací k problematice fMRI jsem zvolil odborné články [8, 19] z časopisu *Neurologie pro praxi*.

Funkční magnetická rezonance má své uplatnění zejména v oblasti kognitivních neurověd a neurofyziologie. Hlavní princip fMRI spočívá v mapování neuronálních aktivit sledováním změny oxygenace a perfuze (průtoku krve) mozkové kůry, a to pomocí obrovského magnetického pole. Dnešní fMRI využívají zejména princip sledování poměru okysličené (oxygenované) a neokysličené (neoxxygenované) krve ve sledované oblasti mozku, tzv. BOLD signál (Blood-Oxygen Level Dependent). Zvýšená aktivita neuronů při zátěži se projevuje vyšší spotřebou energie, jež je výhradně získávána z glukózy, a spotřebou kyslíku z krve (tzv. oxydativní fosforylace). Tento jev se však kvůli fyziologii objevuje se zpožděním zhruba 2–3 sekundy, což je při tvorbě stimulů třeba

brát na zřetel. Změna množství kyslíku v krevním řečišti způsobuje kolísání poměru oxygenované formy hemoglobinu (oxyhemoglobinu) a neoxygenované formy hemoglobinu (deoxyhemoglobinu), kde hemoglobin má funkci přenašeče kyslíku v krvi. Časový průběh změny měřeného signálu v místě, kde dochází k neuronální aktivaci, je označován jako hemodynamická odezva. Deoxyhemoglobin vykazuje paramagnetické vlastnosti, což jej staví do role přirozené kontrastní látky. Při působení vnějšího magnetického pole vytvořeného supravodivou elektromagnetickou cívkou<sup>1</sup> dochází u oblastí kolem působení deoxyhemoglobinu k nepatrnému zesílení magnetického pole. Sledování tohoto jevu je základním principem fMRI. Zjednodušená struktura fMRI skeneru je vizualizována na obrázcích 3.1 a 3.2, kde je zachycena základní výkonová jednotka zařízení.



**Obrázek 3.1** Schéma struktury hlavní výkonové části fMRI, vizualizováno jako příčný řez přístrojem.



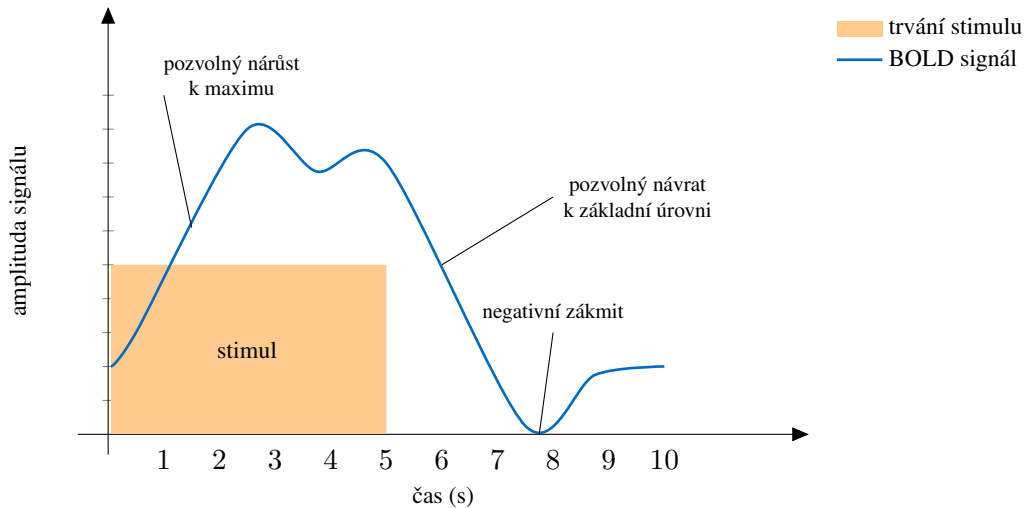
**Obrázek 3.2** Schéma struktury hlavní výkonové části fMRI, vizualizováno jako podélný řez přístrojem. Pacient je položen na stůl skeneru, kde musí po dobu vyšetření nehybně ležet.

Aby bylo možné měřené změny signálu odlišit od šumu, je zapotřebí získat dostatečně statisticky robustní vzorek snímků pořízených fMRI. Porovnání dvou po sobě jdoucích snímků je rozhodně nedostačující. Celý objem mozku je tedy nutné snímat několikrát během aktivní prezentace stimulů. Vyšetření ve fMRI je charakterizováno určitým časovým uspořádáním, tzv. designem experimentu. V případě této práce se jedná o tzv. event-related design, kde je cílem měření hemodynamické odezvy na specifickou posloupnost stimulů. V rámci jednoduché koncepce tak lze použít krátké stimuly, trvající řekněme 4 sekundy, jež budou proloženy dostatečnými pauzami, což umožní detailní sledování BOLD signálu v čase. Měření tak ve výsledku představuje dlouhou posloupnost stimulů, ze které bude získáno obrovské množství dat, která bude třeba následně zpracovat.

Ačkoliv z tohoto popisu se jeví fMRI jako velice silný nástroj s širokým využitím, má určitá specifika, která je nutné zohlednit. Skenování je velice citlivé na jakýkoliv pohyb (například

<sup>1</sup>Běžně se používají magnety o síle 1.5–3 T, objevují se však i supravodivé magnety o síle 7 T či dokonce 20 T v případě nukleární magnetické rezonance (NMR).

pohyb hlavy při polknutí), což může způsobovat nežádoucí artefakty v získávaném signálu. Je tedy vyžadována poměrně vysoká úroveň spolupráce s vyšetřovaným subjektem a při kognitivním zatěžování je také brát na zřetel, zda bude vyšetřovaný subjekt schopný vykonat požadovanou úlohu. Navíc, kvůli obrovskému magnetickému poli je při vyšetření ve fMRI několik kontraindikací, například úplná absence vodivých materiálů ve vyšetřované oblasti, neboť by se mohli velice nepříjemně zahřát a dojít tak k újmě na zdraví.



**Obrázek 3.3** Přibližný časový průběh BOLD signálu pro časově déle trávající stimuly. Délka trvání stimulu je znázorněna oranžovým obdelníkem.

Shrňme nyní stručně výsledky studií a metaanalýz uvedených na začátku této kapitoly do několika bodů, jenž vystihují stěžejní poznatky pro konkretizaci hypotéz a experimentální procedury:

- jedinci se schizofrenií mají (výrazně) sníženou schopnost určit zdroj stimulů,
- jedinci se schizofrenií mají zhoršenou funkci zpracování jazyka,
- jedinci se schizofrenií mají odlišnou odezvu na auditivní stimuly než zdraví jedinci,
- chybná identifikace zdroje auditivních stimulů je častější než u vizuálních stimulů,
- jedinci se schizofrenií reagují méně na sémantické chyby jazyka a hůře zpracovávají komplexnější jazykové struktury.

Vezmeme-li v úvahu sníženou schopnost schizofreniků oddělit od sebe reálné a domyšlené, zhoršené zpracování jazyka a auditivních stimulů, nabízí se možnost využití pozorování právě těchto odlišností k ověření navržených hypotéz. Doporučené auditivní stimuly jsou tak vhodným prostředkem kognitivního zatěžování při vyšetřování na fMRI. Aby byl do procesu zapojen fakt, že schizofrenici vykazují zhoršenou funkci zpracování jazyka a sníženou reakci na sémantické chyby, auditivní stimuly tak lze definovat jako větné konstrukce se záměrnými chybami na sémantické úrovni jazyka. V takovém případě přichází v úvahu zanést sémantickou chybu<sup>2</sup> do jinak syntakticky korektní větné struktury.

Aby bylo možné stimuly prezentovat jako auditivní, je nutné navržené větné konstrukce prezentovat jako akustický signál, který pak bude vyšetřovaným jedincům přehráván při fMRI vyšetření. V tuto chvíli přichází v úvahu použití systému převodu textu na řeč pomocí počítačové

<sup>2</sup>Byť jsem si vědom, že pojem „sémantická chyba“ není v tomto kontextu z hlediska analýzy přirozeného jazyka příliš přesný, budu tímto pojmem označovat percepčně rušivé jinak syntakticky korektní napojení dvou slov ve větě a v práci takto nadále používat.

syntézy řeči. Díky tomu, že výstupem syntetizéru není přirozená ale syntetická řeč, lze dosáhnout dalšího žádaného efektu, a sice jistému odcizení, jinakosti a ztížení určení původce stimulu. Jestliže jedinci se schizofrenií mají sníženou schopnost určit zdroj stimulu, mohl by být tento deficit patrný také u určování, zda je prezentovaný auditivní stimul přirozenou řečí jedince, nebo zda se jedná o počítačovou syntézu s jeho hlasem. V tomto případě je ale nutné, aby syntéza měla základ v přirozené řeči vyšetřovaného jedince. Vhodnou implementací se tak jeví konkatenací syntéza řeči výběrem jednotek, tzv. *unit selection* syntéza, jejíž princip je výběr a následná konkatenace řečových jednotek z původní přirozené řeči do žádané formy.

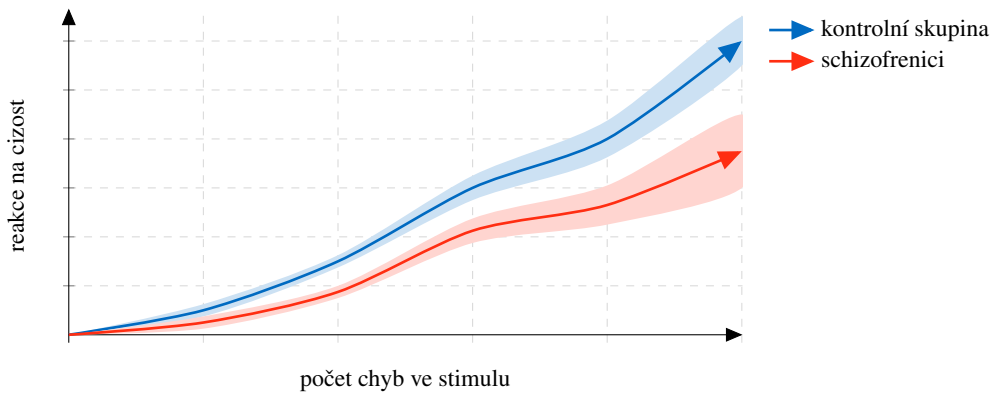
Pro *unit selection* syntézu na úrovni subfónových jednotek je ovšem potřeba nahrát poměrně velké množství řečových dat, aby měl syntetizér k dispozici minimálně jednoho kandidáta pro danou subfónovou jednotku. Například pro kvalitní *unit selection* syntézu na úrovni difónů je potřeba nahrát řádově stovky vět k získání srozumitelného výstupu. Nahrát takové množství vět je však mimo možnosti pacientů s psychickou poruchou, jako je schizofrenie, neboť je proces nahrávání řečového korpusu poměrně časově i technicky náročný. V úvahu tak přichází doménově specifická (omezená) syntéza řeči na úrovni slov. Na základě takové syntézy můžeme sice syntetizovat věty pouze ze slov obsažených v řečovém korpusu, a nikoliv skládat nová slova (jež se v řečovém korpusu nevyskytují) konkatenací subfónových jednotek jako například u difónové *unit selection* syntézy, stačí ovšem nahrát minimum řečových dat. Do experimentální procedury je tedy nutné zařadit proces získání řečových dat vyšetřovaného jedince pro následnou syntézu vygenerovaných vět s narušenou sémantikou pro tvorbu finálních auditivních stimulů.

### 3.2.1 Paradigma experimentálního vyšetření

V této chvíli mohou navržené hypotézy konkretizovat a uvést je v ucelenější podobě, včetně návrhu experimentální procedury, pomocí které budou ověřovány. Každý zkoumaný subjekt nahraje malé množství vybraných vět. Z těchto vět se následně vygenerují nové věty, které budou sice syntakticky korektní, ale budou obsahovat sémantické chyby. Takovýmto způsobem budou vytvořeny věty, ve kterých se bude počet sémantických chyb zvyšovat až do stavu, kdy bude výsledná věta složena z jednotlivých slov pocházejících z různých vět. Tyto věty budou následně převedeny z textové podoby na akustický signál pomocí zmíněné syntézy řeči. Výsledné auditivní stimuly by pak měly představovat zhruba čtyřsekundové segmenty řeči. Cílem takto navržené experimentální procedury je ověřit hypotézy odlišného vnímání auditivních stimulů při jejich prezentaci během vyšetření ve fMRI, přičemž je očekávána rozdílná odezva na auditivní stimuly u lidí se schizofrenií a u zdravých jedinců. Konkretizované navržené hypotézy a očekávané výsledky experimentálního měření jsou uvedeny v seznamu níže.

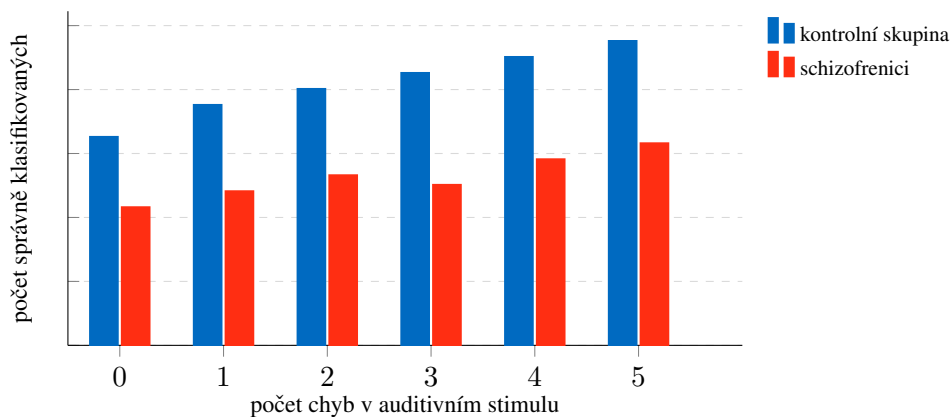
1. Jedinci se schizofrenií vykazují při poslechu auditivních stimulů sníženou odezvu na sémantické chyby jazyka. Počet atomárních částí, ze kterých je výsledná věta složena, zvyšuje reakci na cizost, ovšem jedinci se schizofrenií mají průběh této funkce nižší a pozvolnější oproti zdravým jedincům (viz. obrázek 3.4).





**Obrázek 3.4** Očekávaný průběh míry cizosti v závislosti na počtu chyb v auditivním stimulu. U skupiny složené z jedinců, kterým byla prokázána schizofrenie, by měla být reakce na cizost v závislosti na počtu chyb v prezentovaných větách pozvolnější. Tento předpoklad respektuje to, že schizofrenici hůře určují původ stimulu.

- Jedinci se schizofrenií hůře rozpoznávají, zda je prezentovaný auditivní stimul jejich přirozenou řečí, nebo se jedná o počítačovou syntézu řeči s jejich hlasem. Předpokládaný rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou je vizualizován na obrázku 3.5.



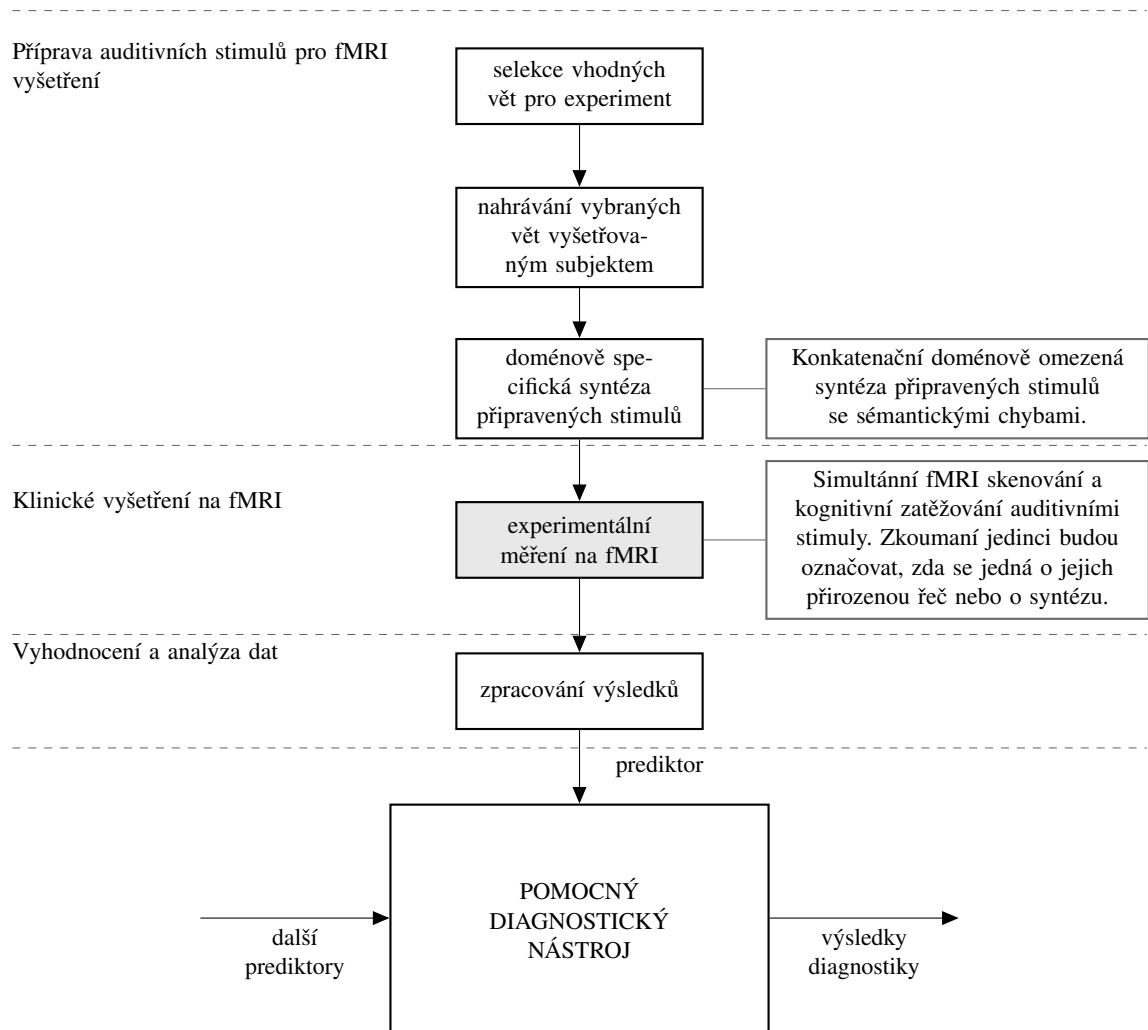
**Obrázek 3.5** Ilustrativní vývoj počtu správně klasifikovaných auditivních stimulů (přirozená řeč/syntetická řeč) v závislosti na počtu sémantických chyb vložených v prezentovaných stimulech.

K ověření těchto hypotéz bude třeba jak experimentální skupina zahrnující pacienty se schizofrenií, tak kontrolní skupina představující jedince, jež nemají žádný záznam o této duševní poruše a nevyskytují se u nich žádné symptomy nemoci. V případě, že by se reálný výsledek významně lišil od očekávání, respektive by nebyla u schizofreniků zpozorována významně odlišná reakce na připravené stimuly, bylo by nutné pozměnit navržené paradigma.

### 3.2.2 Předpokládaný postup experimentální procedury s využitím fMRI

Na základě uvedeného principu experimentálního měření mohou nyní definovat předpokládaný postup experimentální procedury, jaké kroky je třeba udělat a jak na sebe budou navazovat. Jako vhodný prostředek k takovému popisu může být sekvenční diagram. Jednotlivé kroky experimentální procedury jsou vizualizovány v diagramu na obrázku 3.6, který nabízí ucelený pohled na řešenou problematiku a je zasazen do hypotetického konceptu budoucího diagnostického nástroje schizofrenie.





**Obrázek 3.6** Sekvenční diagram postupu navržené experimentální procedury zasazené do kontextu hypotetického pomocného diagnostického nástroje. Bloky v diagramu (vyjma diagnostického nástroje) reprezentují jednotlivé kroky procedury včetně stručného popisu, co by se mělo v daném kroku udělat.

### 3.3 Nástroje a data potřebná pro připravovanou experimentální proceduru

Po předložení návrhu experimentální procedury, očekávaného výstupu a předpokládaného postupu během nyní zbývá specifikovat, jaké nástroje a data je nutné pro účely experimentální procedury připravit. Příprava těchto nástrojů a dat je stěžejní částí této práce. Praktické cíle jsem rozdělil do několika bodů, jež vesměs představují vyžadované nástroje a současně také obsah následujících kapitol.

1. **Statický větný korpus** obsahující základní množinu výrazů, jež poslouží pro další zpracování a tvorbu auditivních stimulů pro navržené experimentální vyšetření ve fMRI. Jednotlivé výrazy z korpusu musejí obsahovat základní lingvistické informace potřebné pro jejich využití při generování syntakticky korektní české věty.

2. **Nahrávací aplikace pro pacienty/dobrovolníky** sloužící pro získání řečových dat výrazů vybraných ze statického větného korpusu. Nahraná data budou tvořit databázi řečových jednotek pro doménově specifickou konkatenanční syntézu řeči na úrovni slov. Řečová data je tedy nutné segmentovat na téže úrovni.
3. **Generátor syntakticky korektních frází**, které poslouží jako vstupní data systému převodu textu na řeč (Text-to-Speech systému, TTS) s doménově specifickou konkatenanční syntézou řeči. Z jazykových jednotek původních vět vybraných ze statického korpusu bude vygenerována fráze při zachování syntaktické korektnosti obsahující určitý počet možných sémantických chyb. Výstupy generátoru budou ve spojení s řečovými daty z nahrávací aplikace tvořit základní soubor dat pro doménově specifickou syntézu řeči.
4. **TTS systém pro doménově specifickou syntézu řeči** výběrem jednotek umožňující převést vygenerované stimuly se zavedenými sémantickými chybami na zvukový signál. Syntéza řeči bude omezena na slova obsažená v databázi řečových jednotek a řečový signál nebude nijak modifikován.
5. **Manažer výsledné zvukové stopy a doprovodných souborů** sloužící pro generování a editaci finální zvukové stopy obsahující posloupnost vygenerovaných a syntetizovaných auditivních stimulů pro měření ve fMRI. Současně se zvukovou stopou je potřeba vygenerovat doprovodné soubory s informacemi o chronologii stimulů, počtu chyb ve stimulech (typ stimulu) a s tím souvisejícími hranicemi těchto úseků.

## Kapitola 4

# Tvorba statického větného korpusu

Vytvoření statické množiny textových dat, statického větného korpusu, je základním odrazovým můstkem pro všechny následující nástroje a zpracování. Při výběru takové množiny dat je na místě brát v úvahu, co se s daty bude v následujících krocích zpracování provádět. Data ze statického větného korpusu budou představovat zdroj pro generátor syntakticky korektních vět a zároveň bude nutné získat zvukovou reprezentaci těchto dat přímo od pacienta/dobrovolníka. Výběr prvků statického větného korpusu s sebou přináší hned několik záchytných bodů, které je třeba zvážit a vyřešit:

- přibližná forma a struktura vybraných textových dat pro statický větný korpus (počet slov, větný rámec, apod.),
- zdroj textových dat,
- rozsah popisu dat nutný pro vygenerování syntakticky korektní české věty,
- způsob výběru textových dat a jejich popis pro další zpracování.

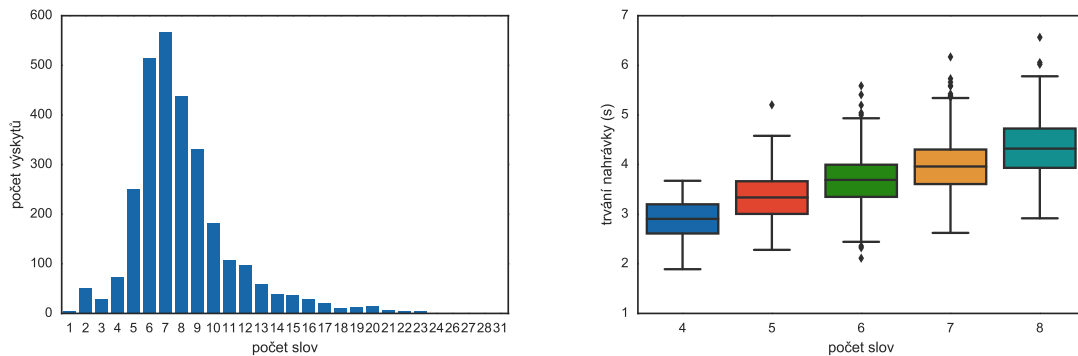
### 4.1 Definice frází pro statický větný korpus

Z běžného textu lze jen těžko bez zkušeností odhadnout, jak dlouhá by byla jeho zvuková reprezentace. Pro navrhovaný nástroj jsou zapotřebí zhruba čtyřsekundové úseky řeči. Abych získal alespoň nějakou představu o tom, z kolika slov by se měly větné celky skládat, aby jejich zvuková reprezentace měla požadované trvání, rozhodl jsem zanalyzovat anotační korpus<sup>1</sup> nějakého TTS systému na bázi konkatenací syntézy řeči. K tomuto účelu mi byl pro diplomovou práci poskytnut jeden anotační korpus TTS systému ARTIC [22] vyvíjený na katedře kybernetiky Západočeské univerzity v Plzni. Anotací korpus obsahuje informace (text, hranice segmentovaných řečových jednotek, trvání) o akustických stopách, kterou většinou vytvoří nějaký profesionální mluvčí (např. člověk se zkušenostmi projevů na veřejnosti, moderátor, atp). Nad celým anotačním korpusem jsem provedl základní statistickou analýzu s cílem zjistit, z kolika slov by se měly skládat věty pro statický větný korpus. Analýzu jsem provedl v jazyce Python, resp. v interaktivním výpočetním prostředí IPython, ve kterém se data snadno vizualizují.

Poskytnutý anotační korpus obsahuje celkem 12 055 vět, k nimž jsou dostupné všechny informace. Graf na obrázku 4.1 ukazuje rozložení vět v korpusu v závislosti na počtu slov. Protože věta pro čtyřsekundovou promluvu při pomalejší artikulaci nebude nijak složitá a dlouhá, provedl jsem obdobnou analýzu jen u vět jednoduchých. Kvůli různorodosti artikulace na konci vět

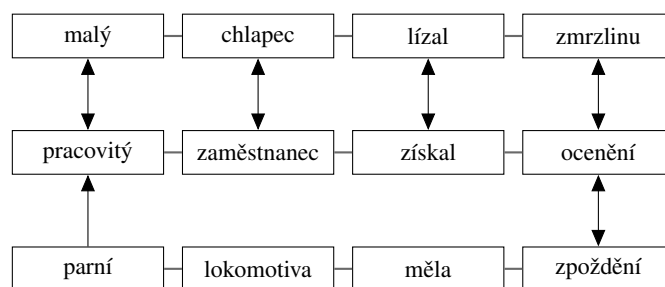
<sup>1</sup> Anotací korpus obsahuje vedle fonetické transkripce vět také hranice jednotlivých řečových jednotek v závislosti na úrovni segmentace. Současně s délkou trvání jednotlivých segmentů řeči můžeme zjistit i celkovou dobu trvání anotované namluvené věty, což je naším cílem.

jsem také eliminoval rozkazovací věty a otázky. Pokud bych tak neučinil, mohla by tato slova znít v syntetické řeči rušivě. Po vyfiltrování těchto nežádoucích vět zbylo pro analýzu celkem 2 886 výrazů.



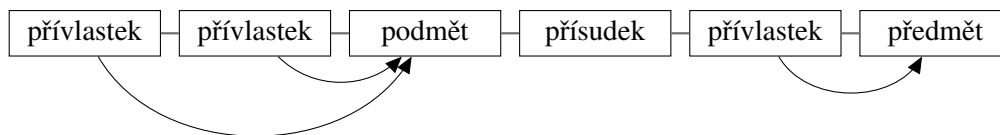
**Obrázek 4.1** Graf na levé straně znázorňuje počet vět v anotačním korpusu s daným počtem slov ve větě. Graf na pravé straně pak průměrné trvání vět s určitým počtem slov včetně rozptylu.

Na základě provedené analýzy připadají v úvahu pěti až sedmislovné větné konstrukce. Pokud se ve větách nebudou objevovat předložky a spojky, měla by být dostatečná šestislovná spojení, která ve vyfiltrované množině mají trvání  $3.68 \pm 0.52$  sekundy s mediánem 3.69 sekundy. Průměrný počet znaků těchto vět je  $35 \pm 6$  s mediánem 34. Nyní, když jsem zadefinoval požadovaný počet slov větných konstrukcí pro statický větný korpus, přichází na řadu určit strukturu těchto vět. Systém generování zcela náhodných syntakticky korektních vět je dosti komplexní úloha a pro účel této práce by ani zdaleka nebyl využit potenciál takového systému. Abych tedy co nejvíce zjednodušil proces generování syntakticky korektních vět, rozhodl jsem se všechny věty udržovat v určitém větném rámci. Tento přístup zaručí identickou syntakticko-analytickou stavbu vět, a tudíž je možné novou větu vytvořit pouhým výběrem vhodných slov na danou pozici rámce. Na obrázku 4.2 je tato myšlenka ilustrována na příkladu několika čtyřslovných spojení. Bude-li vhodně vytvořený větný rámec, mělo by pro zachování syntaktické korektnosti stačit dbát už jen na základní morfologické kategorie, tedy číslo, pád, rod, aj.



**Obrázek 4.2** Ukázka vět pro definovaný větný rámec: přívlastek - podmět - přísudek - předmět. Při zachování větného rámce je možné jednotlivé segmenty rámce mezi větami obměňovat, je však třeba dbát na zachování syntaktické korektnosti. V uvedeném příkladu tak slova „lokomotiva“ a „měla“ nelze zaměnit s žádnými jinými výrazy.

Pro účely vytvářených nástrojů jsem tak vytvořil šestislovný větný rámec, který představuje syntaktický předpis vět, které je nutné pro statický větný korpus vyhledat. Struktura navrženého rámce je zachycena na obrázku 4.3.



**Obrázek 4.3** Větný rámec vytvořený pro účely této práce. Šipky vyznačují závislost dané jazykové jednotky na jiné.

## 4.2 Pražský závislostní korpus

Na základě definice struktury požadovaných vět pro statický větný korpus je nutné najít zdroj, odkud je čerpat. Věty anotačního korpusu TTS systému ARTIC nejsou pro tuto úlohu příliš vhodné, neboť jsou speciálně vybrané, aby pokryly všechny potřebné typy řečových jednotek pro syntetizér, a jsou tudíž velice rozmanité a často i složité. Navíc je potřeba vybrat taková data, která budou lingvisticky anotovaná, aby bylo možné vybírat slova dle definovaného rámce. Přesně tomu odpovídá struktura Pražského závislostního korpusu (Prague Dependency Treebank; PDT)<sup>2</sup>, jenž byl vytvořen a je spravován Ústavem formální a aplikované lingvistiky (ÚFAL) při Karlově univerzitě v Praze. Korpus PDT představuje strukturovaný, unifikovaný a anotovaný soubor jazykových dat. Na rozdíl od Českého národního korpusu (ČNK) obsahuje PDT mnohem detailnější anotaci textů. V současné době je aktuální verze korpusu PDT 3.0 a je volně dostupná na otevřeném digitálním repozitáři a archivu LINDAT/CLARIN spravovaném Centrem jazykové výzkumné infrastruktury při Karlově univerzitě v Praze. PDT 3.0 obsahuje velké množství českých textů doplněných rozsáhlou a provázanou morfologickou (2 miliony slov), syntakticko-analytickou (1.5 milionu slov) a sémantickou (0.8 milionu slov) anotací [4].

Velké množství textů obsažených v PDT 3.0 byly anotovány manuálně odborníky z oboru lingvistiky. Jako zdroj vět pro statický větný korpus jsem se tedy rozhodl použít právě data PDT 3.0. Před samotným výběrem vět z PDT je potřeba nastudovat, jakým způsobem jsou korpusy tohoto typu strukturovány, jakým způsobem jsou data anotována a jak z korpusu získat požadované informace.

### 4.2.1 Formát a struktura korpusu

Data v PDT korpusu jsou uložena v tzv. PML formátu (Prague Markup Language), což představuje formát používaný pro lingvistické anotace založený na jazyce XML [36]. PML formát umožňuje zápis a rozbor dané věty ve stromové struktuře (odtud anglický výraz „*Treebank*“).

Data v PDT jsou rozdělena do tří skupin podle úrovně, na které byly anotovány, tj. jen na morfologické, na analytické úrovni zahrnující tak i morfologickou a na tektogramatické obsahující analytickou a morfologickou anotaci. Data z PDT je možné stáhnout z repozitáře jako soubory v PML formátu obsažené v komprimovaných souborech. Pro dotazování korpusu je na témže repozitáři k dispozici nástroj *Tree Query*, který je koncipován jako klient–server aplikace. Pro dotazování je tedy nutné buď to vytvořit lokální server, nebo se připojit na vzdálený server ÚFALu. Pro účely anonymního dotazování vzdáleného serveru ÚFALu je k dispozici webová alternativa nástroje *Tree Query* (s omezenými možnostmi oproti desktopové aplikaci), jež dovoluje dotazování a zobrazování výsledků přímo v prohlížeči (s omezením na vypsání maximálně 1000 výsledků).

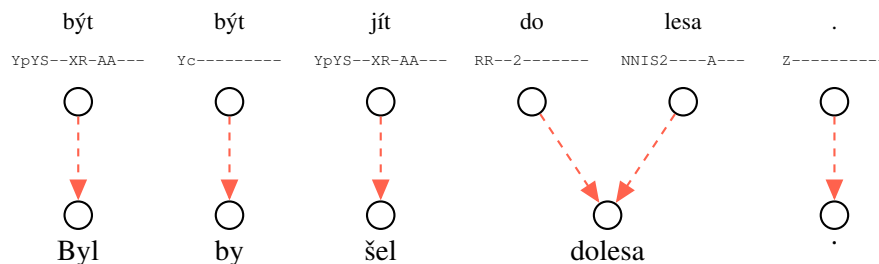
<sup>2</sup>Ačkoliv se v češtině slovo „treebank“ v názvu překládá jako korpus, původní význam více vystihuje strukturu dat, která jsou reprezentována syntaktickým či tektogramatickým orientovaným stromem – výstižnější název by tedy byl spíše stromová banka. V rámci práce se však budeme držet překladu „korpus“.

Tato webová aplikace je pro účely této práce dostačující. V následujících sekcích jsou shrnuty stěžejní poznatky a terminologie z oblasti lingvistiky a zpracování přirozeného jazyka nutná pro pochopení, jak s daty z PDT zacházet.

#### 4.2.2 Roviny anotace lingvistických korpusů

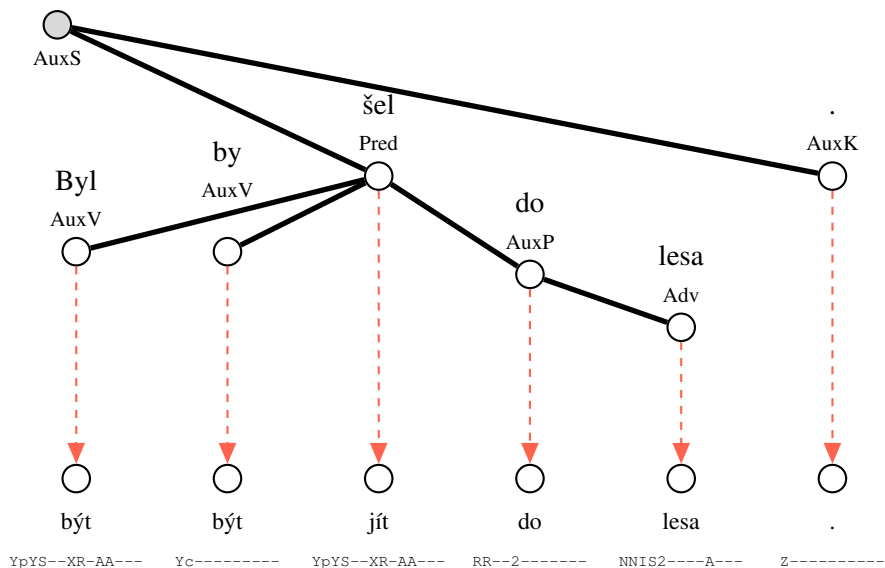
Robustní anotace dat přirozeného jazyka se provádí na třech vesměs souvisejících rovinách: morfologické *m*-rovině, analytické *a*-rovině a tektogramatické *t*-rovině. Ve skutečnosti existuje ještě jedna neanotační slovní rovina reprezentující surový text, která bývá označována jako *w*-rovina. Každá z anotačních rovin poskytuje určité informace a rysy daného jazyka.

- ***w*-rovina** – Na slovní rovině je text rozčleněn do dokumentů a odstavců s dále rozlišenými slovními jednotkami  $\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$  doplněnými jednoznačnými identifikátory. Toto zpracování je základem pro nadřazenou morfologickou rovinu.
- ***m*-rovina** – Na morfologické rovině je posloupnost slovních jednotek *w*-roviny  $w_k$  rozdělena do jednotlivých vět. Každé slovní jednotce  $\{w_1, w_2, \dots, w_k\}$  je přiřazeno několik atributů, z nichž nejdůležitější je morfologický tag a lemma. Více informací k morfologickému popisu jazyka je popsáno v podsekcí 4.2.3. Vzájemný vztah mezi slovní a morfologickou rovinou je ukázán na obrázku 4.4 níže.



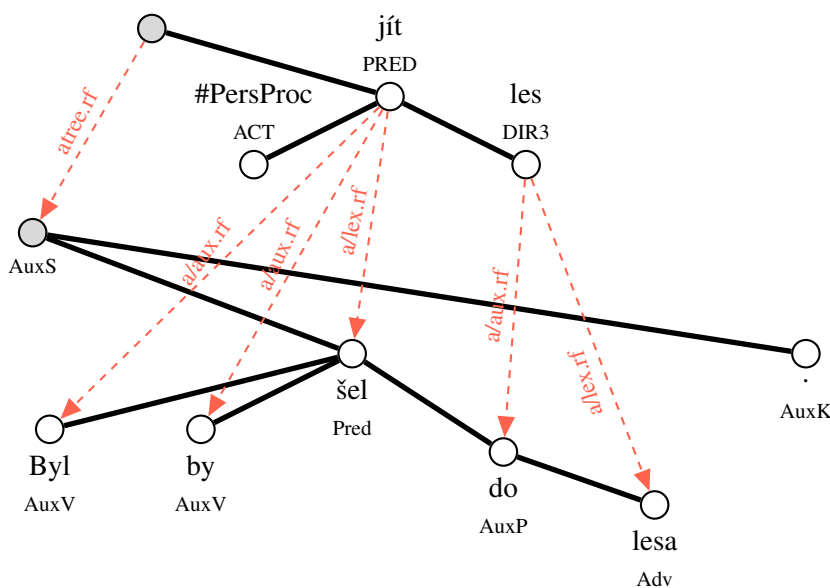
**Obrázek 4.4** Příklad anotace věty „Byl by šel do lesa.“ na morfologické úrovni. Šipky znázorňují vzájemný vztah mezi *m*-rovinou a *w*-rovinou. U slovních jednotek na morfologické úrovni je uvedeno lemma a 16poziční morfologický tag.

- ***a*-rovina** – Na analytické rovině je věta reprezentována jako orientovaný strom s kořenem, ohodnocenými uzly a hranami. Každý prvek *m*-roviny odpovídá právě jednomu uzlu v tomto orientovaném stromu. Příklad věty anotované na analytické úrovni je uveden na obrázku 4.5. Závislostní vztah mezi jednotlivými uzly je vyjádřen hranou stromu, přičemž typ tohoto vztahu je dán funkčním ohodnocením hrany. Jednotlivé uzly obsahují jednak vazby na relevantní jednotky nižší *m*-roviny, ale také tzv. *syntakticko-analytický funktor (afun)* [12]. Typy funktorů a jejich využití je popsáno v podsekcí 4.2.4.



**Obrázek 4.5** Příklad analytické anotace věty „Byl by šel do lesa.“ reprezentované analytickým stromem. U jednotlivých uzlů stromu je uvedena hodnota jejich přidruženého syntakticko-analytického funktoru. Červené šipky znázorňují vztah *a*-roviny k morfologické rovině v dolní části obrázku. Počet uzlů grafu (vyjma kořenového uzlu) odpovídá počtu slovních jednotek *m*-roviny.

- ***t*-rovina** – Na tektogramatické rovině je podobně jako na rovině analytické věta reprezentována orientovaným ohodnoceným stromem s uzly zachycujícími hloubkovou strukturu věty. Na rozdíl od *a*-roviny je však tato rovina orientována více sémanticky, obsahující více lingvistických informací a více jazykově specifických rysů zahrnutých uvnitř uzlů stromu. Navíc ne všechny morfologické prvky jsou zde reprezentovány jako uzly, tudíž počet uzlů zpravidla neodpovídá počtu jednotek *m*- nebo *a*-roviny. Uzly *t*-roviny tak obsahují mnohdy větší množství atributů, jako například syntakticko-sémantický funktor (sémantická značka popisující syntakticko-sémantický vztah uzlu k rodiči) či gramatém (množina kognitivních a gramatických kategorií) [23].

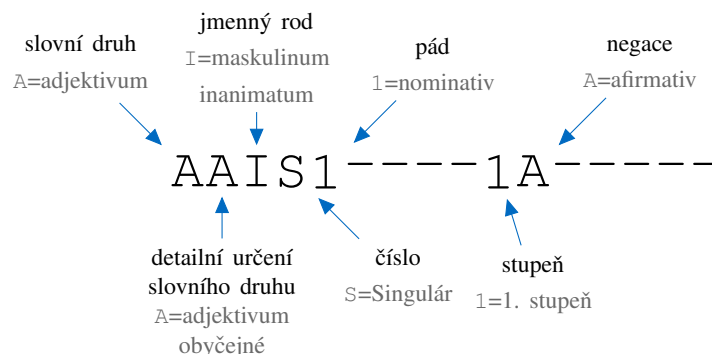


**Obrázek 4.6** Ukázka tektogramatické anotace věty „Byl by šel do lesa“. Uzly stromu mají přidružené tektogramatická lemmata a funktoři. Červené šipky značí vztah a jeho typ k uzlům analytického stromu *a*-roviny.

### 4.2.3 Morfologický popis přirozeného jazyka

#### Morfologická značka

Morfologická značka, běžně nazývaná tag, shrnuje a poskytuje gramatické informace o dané jazykové jednotce v konkrétním významu. Morfologický tag je poziční atribut povětšinou vznikající na základě morfologické analýzy a následné desambiguaci (zjednoznačnění, odstranění homonymie). Morfologický tag je reprezentován sekvencí značek (v českých korpusech se používá 16poziční tagset), přičemž každá pozice tohoto kódu nese jinou informaci o gramatické kategorii [13]. Na obrázku 4.7 níže je ukázka morfologického tagu a jaké informace jsou v něm zakódované.



**Obrázek 4.7** Ukázka 16pozičního morfologického tagu pro přídavné jméno „vyvrátitelný“ včetně popisů, co jednotlivé znaky kódu znamenají.

#### Morfologické lemma

Lemma představuje slovníkový (základní) tvar dané slovní jednotky. Proces přiřazování lemmat jednotlivým slovním jednotkám je tzv. *lemmatizace*, jež zahrnuje i proces desambiguace na základě kontextu. V praxi to znamená, že pro každou slovní jednotku musí být vytvořeno lemma unikátní v rámci celého lingvistického slovníku. U češtiny jsou jako lemma často užívány lexikální výrazy, tj. podstatná jména v nominativu singuláru, slovesa v infinitivu či přídavná jména v mužském rodě nominativu singuláru.

U lemmat se velice často uvádějí dodatečné informace. K lemmatům se v těchto případech připojují indikace „\_“: “ následované písmenem s určitou morfosyntaktickou informací, například zda jde o zkratku (B) či o dokonavé/nedokonavé sloveso (W/T). Dále je třeba rozlišovat sémantické příznaky, jež mají vlastní kategorii a speciální značení znaky „\_“: “ následované písmenem s určitým významem, např. Y pro jméno, S pro příjmení, K pro organizaci či instituci a G pro geografické pojmenování. V takových případech pak lemmata mohou vypadat následovně:

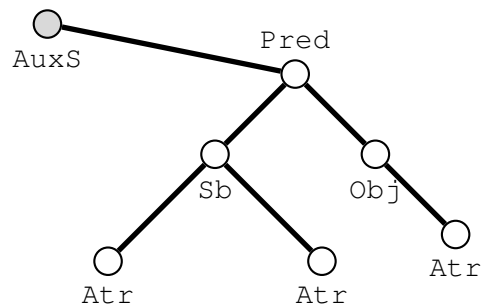
ČR → ČR-1\_:B\_;G\_^ (Česká\_republika)  
Havel → Havel\_;S  
OÚ → OÚ\_:B\_;K\_^ (okresní\_úřad)

### 4.2.4 Syntakticko-analytický popis přirozeného jazyka

Pro popis a rozbor funkce jednotlivých členů větné struktury se používají již zmíněné syntakticko-analytické funktoři (viz sekce 4.2.2). Tyto funktoři mají předem definované kódy a významy, z nichž ty stěžejní pro tuto práci jsou uvedeny v přehledové tabulce 4.1. Tyto funktoři mají velice důležitou roli u syntaktické anotace na *a*-rovině. Pomocí funktořů tak lze formálně popsat větný



rámec, který jsem definoval na začátku kapitoly v sekci 4.1. V rámci korektního popisu jsem navržený větný rámec transformoval do stromové struktury *a*-roviny (obrázek 4.8) a jednotlivé prvky rámce reprezentoval pomocí příslušných syntakticko-analytických funktorů.



**Obrázek 4.8** Definovaný větný rámec reprezentovaný analytickým stromem. Uzly definovaného stromu představují jednotlivé slovní jednotky požadované věty pro statický větný korpus, hrany jejich vzájemný vztah. Syntakticko-analytický funktor uvedený pod uzlem vypovídá o roli dané slovní jednotky ve větné struktuře.

hodnota afunu	popis a význam
Pred	Predikát (uzel nezávislý na jiném uzlu)
Sb	Subjekt (podmět)
Obj	Objekt (předmět)
Adv	Adverbiale (přísllovečné určení, bez dalšího rozlišení)
Attr	Atribut (přívlastek)
AuxT	Reflexivní tantum (zvrátané se, neoddělitelné se)
AuxX	Čárka (ne však nositel koordinace)
AuxK	Koncová interpunkce věty
AuxP	Prepozice (předložka)

**Tabulka 4.1** Přehled základních syntakticko-analytických funktorů použitých v rámci této práce. Tabulka byla vytvořena na základě plného přehledu funktorů v [12, s. 17–18].

## 4.3 Statický větný korpus

### 4.3.1 Selektce vět pomocí PML Tree Query

Se získanými základními znalostmi morfologického a syntakticko-analytického popisu přirozeného jazyka jsem mohl využít webovou aplikaci PML - Tree Query (PML-TQ) pro získání všech vět z PDT 3.0, jež budou odpovídat definované struktuře ve formě analytického stromu. S využitím poměrně rozsáhlé dokumentace nástroje PML-TQ [34, 35] jsem vytvořil dotaz pro vzdálený PDT 3.0 korpus.

V dotazu se pracuje s uzly stromu, atributy uzlů, hranami a relacemi mezi jednotlivými anotacními rovinami. Vstupní struktura musí být tedy definována jako analytický, resp. tektogram-

tický strom přičemž u analytické roviny máme k dispozici údaje z nižší morfologické roviny. Je možné se dotazovat např. na uzly analytické roviny klíčovým slovem `a-root` pro kořenový uzel analytického stromu dané věty a `a-node` na uzel analytického stromu dané věty. Analogicky pak existují `t-root` a `t-node` pro tektogramatickou rovinu, to ale v případě této práce není zapotřebí. Dotazovací systém při odeslání požadavku prohledává korpus a vrací anotace, jejichž strom nejlépe vyhovuje zadané struktuře v dotazu. Deklarace uzlu v PML-TQ se řídí následujícím obecným předpisem:

```
<typ uzlu> $název_proměnné := [<atributy uzlu>]
```

Jako atribut uzlu může být na *a*-rovině definována buď hodnota `afunu`, nebo některá kategorie morfologické roviny pomocí prefixu (`m/`), tedy `m/form` (skutečná podoba slova), `m/tag` (morfologický tag) nebo `m/lemma` (morfologické lemma). Atributům uzlu pak lze přiřadit buď požadovanou hodnotu (`=`), nebo specifikovat možné formy pomocí regulárního výrazu (`~`).

```
<typ uzlu> $název_proměnné := [ <atribut uzlu>='hodnota atributu',  
                                <atribut uzlu>~'regulární výraz' ]
```

Při dotazování mohou být specifikovány závislosti a vztahy mezi uzly grafu. Základním typem relace stromové struktury anotací je relace rodič–potomek, resp. potomek–rodič. Tyto relace lze specifikovat uvnitř hranatých závorek daného uzlu použitím klíčových slov `parent` (rodič), resp. `child` (potomek) následované specifikací rodičovského/dceřinného uzlu. U specifikace závislosti je umožněno uvést, kolikrát se má daný vztah pro daný element ve stromové struktuře anotace objevovat, a to vztahem:

```
Nx child <typ uzlu> [<atributy uzlu>],
```

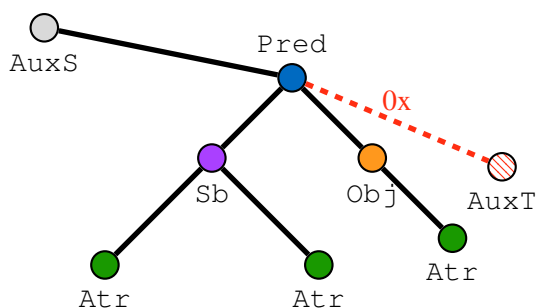
kde *N* představuje požadovaný počet závislostí. Výhodou vyhledávání ve stromové struktuře anotací korpusu PDT je, že není třeba vybírat pouze z vět, jež mají požadovaný počet slov. Díky stromové struktuře lze při vhodném dotazování z anotovaných stromů vzít pouze jejich část, podstrom, který dotazu vyhovuje. Jak jsem specifikoval již v sekci 4.1 při definici frází pro statický korpus, cílem je vyhledat jednoduché oznamovací věty odpovídající větnému rámci, resp. jeho analytické stromové podobě, s podmínem v jednotném čísle a slovesem v minulém či přítomném čase. Všechny podmínky jsem z důvodu přehlednosti sepsal do následujícího seznamu:

1. Přísudek (Predikát; `Pred`) je tvořen slovesem v aktivním minulém přičestí, přítomném či budoucím čase v singuláru (tím limituji i podmět na singulár, neboť přísudek je ve struktuře korpusu vždy nadřazeným prvkem podmětu).
2. S přísudkem není spojen žádný potomek typu neoddělitelného zvratného `se/si` (reflexivní tantum; `AuxT`).
3. Podmět (Subjekt; `Sb`) je reprezentován prostým podstatným jménem.
4. Předmět (Objekt; `Obj`) je v akuzativu singuláru či plurálu.
5. Přívlasky podmětu a předmětu jsou reprezentovány adjektivem bez jakéhokoliv sémantického příznaku a zároveň nejde o zkratku.

```

a-node $v := [afun='Pred', m/tag~'V[pB].S',
0x child a-node [afun='AuxT'],
child a-node $sb :=[afun='Sb', !m/lemma~'_;.', m/tag~'NN',
  child a-node $sb_atr1 := [afun='Atr', m/tag~'^A',
    !(m/lemma~'_;.' or m/lemma~'_:B')]],
  child a-node $sb_atr2 := [afun='Atr', m/tag~'^A',
    !(m/lemma~'_;.' or m/lemma~'_:B')]]
],
child a-node $obj := [afun='Obj', m/tag~'[SP]4',
  child a-node $obj_atr1 := [afun='Atr', m/tag~'^A',
    !(m/lemma~'_;.' or m/lemma~'_:B')]]
]
]

```



**Obrázek 4.9** Analytický strom definovaného větného rámce s vyznačenými uzly korespondujícími s vyznačenými uzly v PML-TQ dotazu. Zelené uzly představují přívlasky, fialový uzel podmět, oranžový uzel přísudek a modrý uzel predikát. Červený šrafovaný uzel představuje větnou interpunkci (AuxT, nikoliv koncovou interpunkci věty), jež ve stromu nechceme.

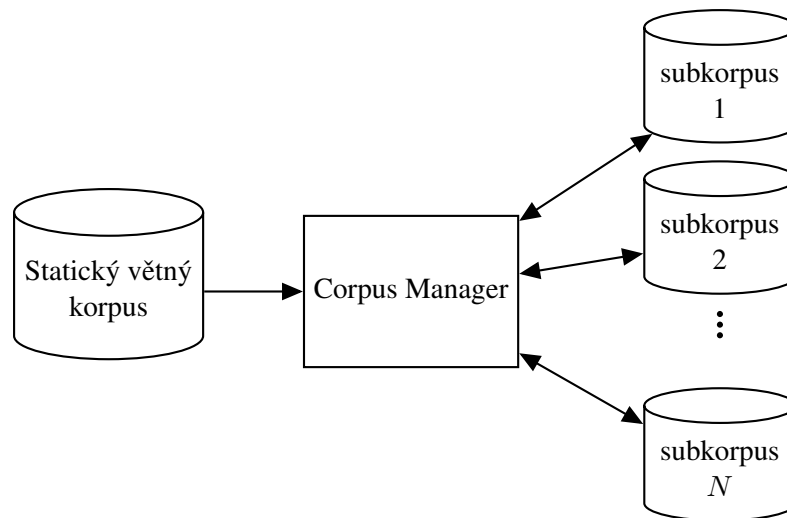
Zohledněním těchto podmínek jsem vytvořil dotaz pro PML-TQ, pomocí něhož jsem získal celkem 241 vět odpovídajících definované větné struktuře. Struktura dotazu je pro lepší představu uvedena výše společně s vizualizací stromu deklarovaného v dotazu, viz obrázek 4.9. Z této množiny pak byly odstraněny duplikáty a manuálně také nevhodné věty, například obsahující špatně vyslovitelná slova, odbornější výrazy apod. Finální množina vět pro statický větný korpus tak představuje 75 vět. Tyto věty mají průměrně  $53 \pm 7$  znaků s mediánem 51 znaků. Obsahují tedy v průměru delší slova než analyzovaný anotační korpus TTS systému ARTIC a neměl by být problém dosáhnout trvání zvukové stopy věty kolem 4 sekund. U vybraných vět jsem dále unifikoval formát (velikost písmen) a ke každému každému slovu připojil jeho morfologický tag získaný v dotazu. Tato data jsem uložil do souboru `*.scorp` (static corpus) ve formátu CSV s hlavičkou respektující syntakticko-analytické funktoři slov v daném sloupci. Tento soubor představuje výsledný statický větný korpus.

### 4.3.2 Nástroj pro výběr vět ze statického korpusu

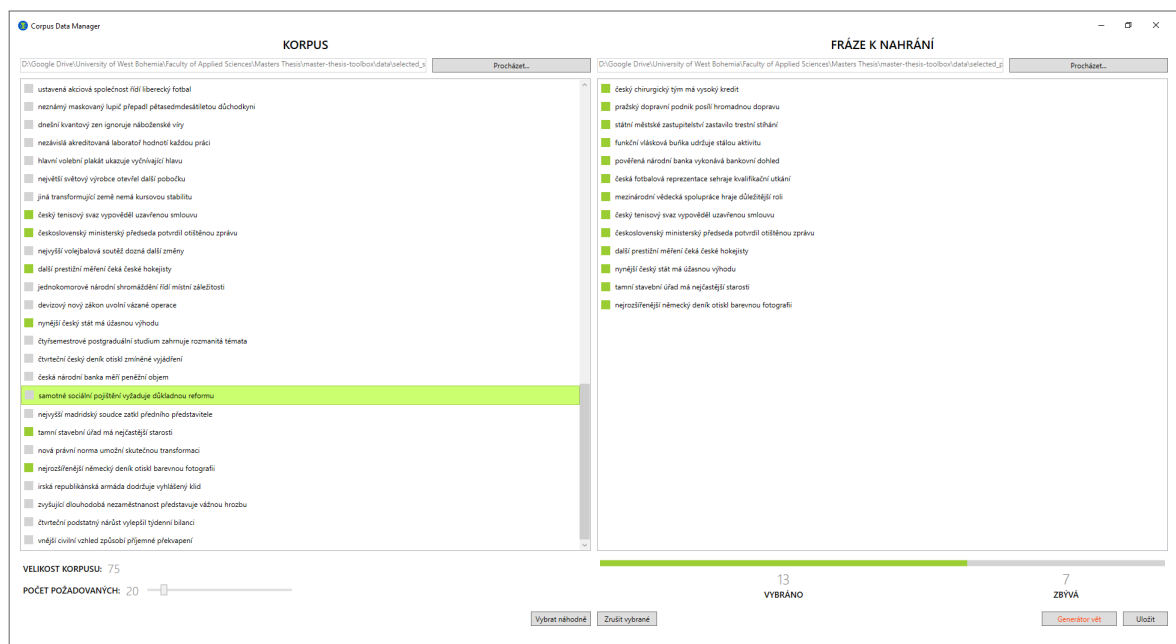
Vytvořený statický větný korpus představuje základní množinu dat pro další zpracování. Pro syntézu řeči, která bude využita pro vytvoření auditivních stimulů, je potřeba nahrát základní věty právě z tohoto korpusu. Pro nahrávání stačí ale pouze část z celkových 75 vět obsažených v korpusu. Nahrát hlas subjektu, který bude vyšetřován ve fMRI, představuje organizačně náročnější úsek experimentální procedury, neboť je nutné zajistit počítač, mikrofon a ideálně místnost bez

zdrojů hluku. Množinu vět pro nahrávání tedy minimalizujeme na 20 vět, které bude muset subjekt nahrát. Ze statického větného korpusu bude tedy třeba vybrat vhodnou podmnožinu 20 vět.

Pro snazší výběr takové podmnožiny byla vytvořena aplikace *Corpus Manager* s přehledným grafickým uživatelským prostředím zobrazeným na obrázku 4.11. Tato aplikace umožňuje experimentátorovi vytvořit subkorpus a editovat jeho obsah, tj. vkládat do něj vybrané věty ze statického korpusu nebo je odebrat, viz diagram 4.10. Subkorpus je možné uložit do samostatného souboru \*.corp a tuto množinu dat poté použít jako zdrojový soubor pro generátor syntakticky korektních vět. Stručná dokumentace aplikace je uvedena v příloze A.



**Obrázek 4.10** Diagram znázorňující funkci aplikace *Corpus Manager* pro selekci dat ze statického větného korpusu. Využitím této aplikace je možné ze statického větného korpusu vybírat podmnožiny vět a ukládat je do jednotlivých subkorpusů. Samozřejmě je taktéž možné subkorpus načíst a věty v něm obsažené v aplikaci spravovat (přidávat, odebrat).



**Obrázek 4.11** Grafické uživatelské rozhraní aplikace *Corpus Manager*. Uživatel může z vět statického větného korpusu na levé straně formuláře vybrat podmnožinu vět (defaultně 20 podle návrhu experimentu, lze ale měnit) pro další zpracování.

## Kapitola 5

# Nástroj pro nahrávání frází

Fráze vybrané ze statického větného korpusu, jehož tvorbu a strukturu jsem popsal na konci předchozí kapitoly, poslouží jako zdrojová množina pro generátor syntakticky korektních vět a jejich následnou syntézu. Z návrhu experimentu v sekci 3.2 je požadováno, aby doménově specifická syntéza řeči vycházela z přirozené řeči daného vyšetřovaného jedince. Je tedy nutné získat zvukovou reprezentaci vět vybraných ze statického korpusu, a to přímým záznamem hlasu daného jedince. Zvukový signál je poté třeba segmentovat na úrovni slov a vytvořit tak databázi řečových jednotek pro syntetizér.

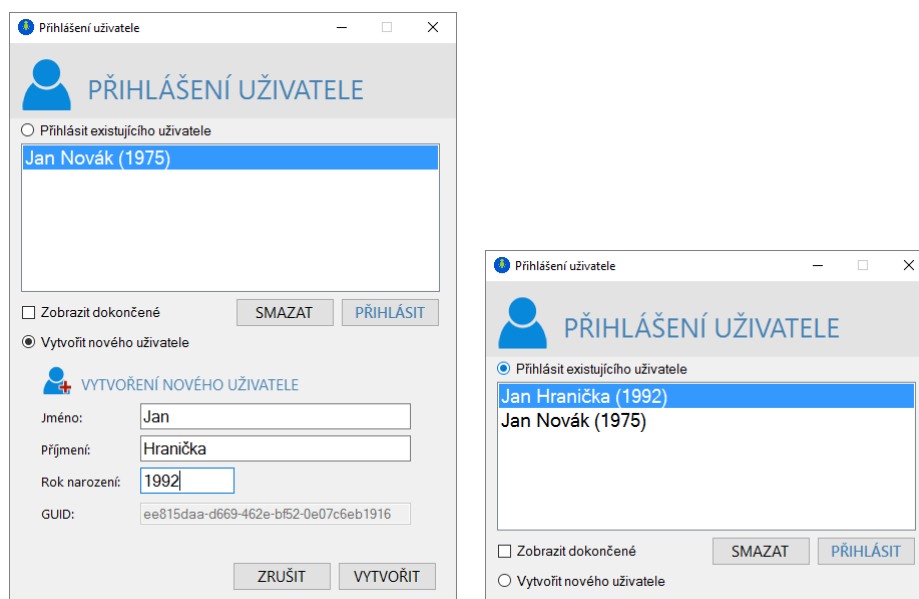
Nahrávání hlasu u lidí, kteří s tím nemají žádné, nebo jen malé zkušenosti, může představovat jistý organizačně problémový bod v experimentální proceduře. Užití konvenčních programů pro záznam hlasu, jako například *Audacity*, přináší hned několik problémů, od způsobu prezentace frází potřebných k nahrání až po nutné manuální ukládání a pojmenování každé nahrané zvukové stopy zvlášť. Je tudíž na místě proces záznamu vybraných frází co nejvíce usnadnit a zautomatizovat. Rozhodl jsem se tedy pro tuto část experimentální procedury použít speciálně vytvořený nástroj *Phrase Recorder*. Jedná se o desktopovou aplikaci pro OS Windows, kterou jsem původně vytvořil pro záznam hlasu pacientů před totální laryngektomií (chirurgické odstranění hlasivek) v rámci spolupráce s katedrou kybernetiky Západočeské univerzity v Plzni. V základu tak aplikace poslouží pro stejný účel – záznam hlasu (vybraných frází) subjektu s cílem získat řečová data pro personalizovanou syntézu řeči. Tuto aplikaci jsem pro účely experimentální procedury mírně upravil. V této kapitole představím zejména hlavní úskalí aplikace, jakým způsobem pracuje se zvukovými daty a v jakém formátu ukládá získaná data. Na konci kapitoly se taktéž věnuji problematice segmentace řeči, což představuje nezbytný mezikrok pro syntetizér.

### 5.1 Základní aspekty nástroje pro nahrávání frází

Vývoj nástroje pro nahrávání frází *Phrase Recorder* započal již v roce 2014. Hlavní předností nástroje má být automatizace procesu nahrávání, kontroly a ukládání zaznamenaných zvukových dat. Grafické uživatelské rozhraní aplikace bylo co nejvíce zjednodušeno, aby byl nástroj snadno použitelný i pro lidi bez pokročilých počítačových znalostí. K ovládání nástroje tak stačí pouze krátká instruktáž, přičemž subjekt nahrávající fráze poté následuje instrukce aplikace v průběhu nahrávání. Nahrávací aplikace umožňuje:

- **Spravovat více uživatelských profilů.** Je tedy možné, aby téže aplikaci používalo na stejném počítači více uživatelů. Postup nahrávání je ukládán pro každého uživatele zvlášť, k nedokončené práci se tak mohou uživatelé kdykoliv vrátit. Během vytváření nového profilu je každému uživateli vygenerován globálně unikátní identifikátor (GUID), což umožňuje

registrovat uživatele se stejným jménem, příjmením i rokem narození se zachováním jedinečnosti profilu. Registrace nového uživatele a výběr uživatele pro přihlášení je ukázán na obrázku 5.1. Přihlášení uživatele není z organizačních důvodů chráněno heslem (uchovávání hesel by bylo u experimentální procedury zátěží).



**Obrázek 5.1** Při registraci nového uživatele (vlevo) musí být zadány základní údaje, které jsou poté zobrazeny při výběru uživatele (GUID funguje jako skrytý identifikátor). Výběrem a přihlášením uživatele (vpravo) se spustí hlavní okno programu.

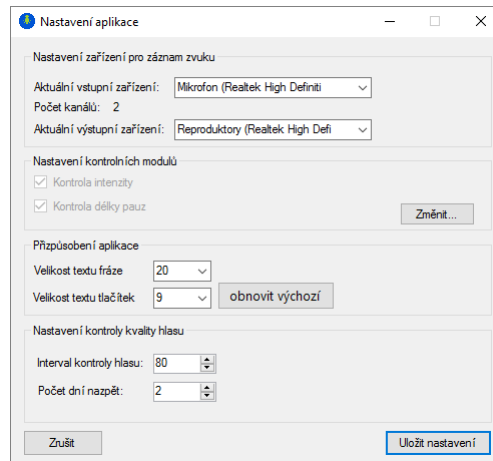
- **Načítat nový soubor s frázemi, které je třeba nahrát.** Každý uživatel tak může do aplikace načíst jinou množinu frází k nahrání. Tato funkce respektuje možnost výběru libovolné podmnožiny vět ze statického větného korpusu. Pokud bude mít subjekt odlišnou sadu frází než ostatní, stačí v aplikaci načíst jeho individuální subkorpus.
- **Přehrát a poslechnout si nahraný zvukový signál.** V aplikaci je integrován jednoduchý zvukový přehrávač, pomocí kterého může uživatel zkontrolovat, zda nahrávka odpovídá jeho představám a požadavkům. Přehrát lze libovolná již nahraná zvuková data u daného uživatelského profilu.



**Obrázek 5.2** Hlavní okno aplikace. V horní části jsou zobrazovány fráze k nahrání, v dolní části pak jednoduchý zvukový přehrávač již zaznamenaných zvukových dat (vlevo) a informace o nahrávce (vpravo). Uprostřed okna se nacházejí tlačítka pro nahrávání a pohyb mezi frázemi (dopředu, zpět, zcela na začátek/konec)

- **Kontrolu chronologického postupu nahrávání.** Aplikace usměrňuje uživatele během nahrávání frází. Dokud tak uživatel nenahráje aktuální frázi, aplikace mu neumožní pokračovat na další. Tento postup je ještě podmíněn kontrolou zaznamenaného řečového signálu kontrolními moduly (více v sekci 5.2).
- **Zaznamenat více nahrávek pro stejnou frázi.** Uživatel může každou frázi nahrát libovolněkrát. To může hrát důležitou roli zejména v případě, že si není jist, zda frázi nahrál správně, například kvůli špatné artikulaci. Každý záznam je uložen do samostatného souboru s jedinečným identifikátorem, více nahrávek k jedné frázi pak zpracují sami experimentátoři.<sup>1</sup>
- **Snadný export nahraných zvukových dat.** Uživatel může kdykoliv exportovat doposud nahraná zvuková data buďto jako komprimovaný archiv \*.zip, případně je možnost nahraná data nahrát na FTP server. Při nastavení spojení s FTP serverem mohou být data nahrávána na server průběžně během nahrávání, což představuje jistou zálohu dat.
- **Snadno spravovat vstupní a výstupní zařízení.** V nastavení aplikace lze snadno nastavit a měnit vstupní (mikrofon) a výstupní (reproduktory/sluchátka) zařízení výběrem ze seznamu dostupných vstupních a výstupních zařízení v operačním systému. Možnosti okna s nastavením jsou ukázány na obrázku 5.3. V nastavení je taktéž možné měnit všeobecné nastavení aplikace (velikost písma, velikost textu zobrazované fráze), spravovat kontrolní moduly (viz sekce 5.2) nebo kontrolu hlasu (viz dále).

<sup>1</sup>Automatický výběr nejvhodnějších nahrávek v tomto případě není v mých silách.



**Obrázek 5.3** Okno s nastavením vstupního a výstupního zařízení, kontrolních modulů a obecného nastavení aplikace. Toto nastavení je individuální pro každého uživatele aplikace.

- **Průběžnou kontrolu kvality hlasu řečníka.** Při nahrávání většího počtu frází, což je nutné například pro doménově neomezenou syntézu výběrem jednotek na úrovni difonů, je třeba kontrolovat, aby byl řečníkův hlas pokud možno stále stejně zbarvený. Tato kontrola funguje na jednoduchém principu, kdy se uživateli po určitém množství nahraných frází (lze změnit v nastavení) vybere jedna z frází, kterou již nahrál. Tuto náhodně vybranou frázi musí nahrát znovu a poté subjektivně určit, zda se jeho hlas významně nezměnil. Pokud ano, je nahrávání na určitou chvíli odloženo. Tato funkcionality však nebude v rámci experimentální procedury potřeba.

## 5.2 Kontrolní moduly vstupního řečového signálu

Během nahrávání je vstupní řečový signál kontrolován kontrolními moduly, které byly pro aplikaci poskytnuty katedrou kybernetiky Západočeské univerzity v Plzni jako dynamická knihovna DLL. Aplikace implementuje dva kontrolní moduly: modul kontroly intenzity zvukového signálu a modul kontroly dodržení pauz. Ve chvíli, kdy uživatel ukončí záznam hlasu je získaný signál zaslán paralelně (z důvodu výpočetní rychlosti) do obou kontrolních modulů. V případě, že je nahrávka příliš tichá/hlasitá nebo není dodržena pauza na začátku či na konci nahrávky, moduly vracejí chybu a nahrávka je označena za neúspěšnou. Je nutné zmínit, že i nahrávky, které neprošly kontrolními moduly, jsou ukládány na disk. V případě, že by z nějakého důvodu (zdravotní, technický, atp.) uživatel nedokončil nahrávání všech frází, mohou být i tyto nahrávky cenné. Uveďme si v krátkosti funkcionalitu obou zmíněných kontrolních modulů.

- **Kontrolní modul intenzity zvukového signálu** kontroluje, zda není zaznamenaný řečový signál příliš tichý nebo naopak hlasitý. Účelem tohoto modulu je tedy výrazně snížit výskyt možných akustických chyb v syntéze řeči vzniklých nepoměrem intenzity zvukového signálu řečových jednotek při jejich konkatenci.
- **Kontrolní modul kontroly pauz** dohlíží na dodržování požadovaných úseků bez řeči na začátku a na konci zvukového signálu. Tato funkcionality je vhodná zejména k zamezení případů, kdy by uživatel mohl začít mluvit příliš brzy nebo by naopak ukončil nahrávání s nedořečeným slovem, což by mělo taktéž negativní dopad na kvalitu výsledné syntetické řeči.





**Obrázek 5.4** Nastavení kontrolního pauz pro dodržení pauzy na začátku a na konci nahrávky v délce 300 ms. Modul tak eliminuje možnost předčasného ukončení nahrávání během promluvy.

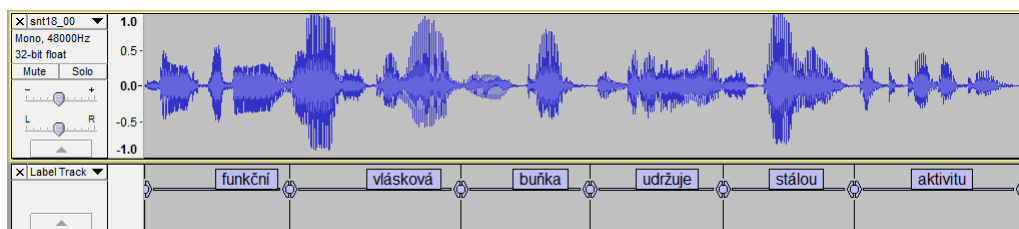
Konfigurace kontrolních modulů je vždy uložena v adresáři s aplikací jako soubor v XML formátu s příponou `*.cfg`. Jeho nastavení však musí provádět pověřená osoba. Pokud není prostředí pro nahrávání nijak hlučné či s ozvěnou a bude v rámci experimentální procedury využíváno stále stejné prostředí, stačí tyto moduly konfigurovat pouze jednou.

### 5.3 Segmentace řečových dat

Nahrané fráze pomocí výše popsaného nástroje jsou zdrojem řečových jednotek pro syntetizér řeči, který jejich výběrem a konkatencí tvoří výsledný auditivní stimul. Pro získání řečových jednotek, které jsem v rámci této práce definoval jako slovní jednotky, je potřeba provést segmentaci zaznamenaného řečového signálu na dané definované úrovni, tedy na úrovni slov. Účelem segmentace je nalézt hranice řečových jednotek v řečovém signálu a tyto informace pro syntetizér zaznamenat, případně zvukovou nahrávku rozdělit do jednotlivých souborů představující řečové jednotky. Segmentaci je možné provádět buďto manuálně, nebo automaticky. U tvorby velkých inventářů řečových jednotek je automatická segmentace jistá volba. V případě této práce připadá v úvahu spíše manuální segmentace, neboť je zapotřebí tento proces provést pouze u 20 vybraných nahrávek a na úrovni slov, kde se hranice jednotek hledají snadno.

#### 5.3.1 Manuální segmentace

Manuální segmentaci tak malého množství dat je možné provést použitím některého konvenčního nástroje pro zpracování zvukového signálu, např. *Audacity*. V tomto nástroji pak lze jednoduše při poslechu označovat jednotlivá slova a klávesovou zkratkou `Ctrl+B` vytvořit segment v popisné stopě (ta se vytváří automaticky). Je třeba dbát na to, aby na sebe řečové jednotky navazovaly, přičemž první začíná na úplném začátku nahrávky a poslední končí na jejím konci. Jedině tímto způsobem může být zaručeno, že syntetizér dokáže rekonstruovat původní i přirozenou řeč.



**Obrázek 5.5** Příklad segmentace nahrané fráze „funkční vlásková buňka udržuje stálou aktivitu“. V horní části je zvuková stopa a vespod popisná stopa (Label Track) s názvy jednotlivých segmentů a počátečními/koncovými hranicemi jednotek.

Ukázka exportované popisné stopy z Audacity

0.000000	<b>0.663027</b>	funkční
0.663027	<b>1.444942</b>	vlásková
1.444942	<b>2.034808</b>	buňka
2.034808	<b>2.642964</b>	udržuje
2.642964	<b>3.241975</b>	stálou
3.241975	<b>4.012458</b>	aktivitu

Koncové hranice vyznačených segmentů, tj. druhý sloupec u příkladu výše, je poté nutné zaznamenat společně s názvem zvukového souboru a identifikátorem věty ze statického větného korpusu do CSV souboru s následující strukturou:

Ukázkový CSV soubor pro syntetizér

```
filename;origin;boundaries  
snt11_02.wav;11; [0.722137,1.311174,1.854900,2.377543,2.891420,3.464348]  
snt16_00.wav;16; [0.692822,1.278453,2.449714,3.150380,3.688951,4.588312]  
snt18_00.wav;18; [0.663027,1.444942,2.034808,2.642964,3.241975,4.012458]  
...
```

### 5.3.2 Automatická segmentace

V případě automatické segmentace by mohl nastat problém v případě, kdy systém špatně určí hranice slov. V syntéze řeči pak mohou vznikat nepříjemné akustické chyby při konkatenci řečových jednotek. Navíc, ačkoliv se jedná o automatický proces, mnohdy je nutná manuální kontrola výsledků, která také nějaký čas zabere. Jelikož manuální segmentace 20 vět je s využitím nástroje *Audacity* snadná a rychlá, je zřejmě v tomto případě lepší volbou, než segmentace automatická.

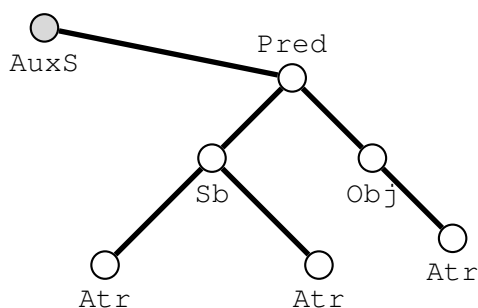
## Kapitola 6

# Generátor syntakticky korektních vět

Vedle databáze řečových jednotek získaných zvukovým záznamem vět vybraných ze statického větného korpusu pomocí aplikace *Phrase Recorder* je potřeba vytvořit nástroj, jenž z těchto vět vygeneruje zcela nové větné struktury. Primárním požadavkem na tento větný generátor přitom je zachování syntaktické korektnosti vygenerované věty pravidel českého jazyka. Jelikož by generované věty měly být složeny pouze z vybraných dat statického větného korpusu, při jejich skládání tak mohou slova pocházející z různých vět vytvářet sémantické chyby. Počet takových chyb je pak shodný tomu, z kolika různých vět (atomárních částí) je výsledná věta složena. Chyby na sémantické úrovni jazyka mohou znít rušivě z pohledu percepce jejich obsahu, což je určitým cílem u navrhované experimentální procedury. V této kapitole bych rád představil mnou navržený přístup ke generování syntakticky korektních větných struktur z množiny slov při zachování syntaktické korektnosti. Vytvořený nástroj, generátor vět, bude poskytovat vstupní data pro poslední nástroj, jímž je syntetizér řeči popsán v následující kapitole. Začneme tedy u problematiky generování syntakticky korektní věty.

### 6.1 Generování syntakticky korektní věty s využitím větného rámce

Úloha vygenerování věty ze slov obsažených ve větách vybraných ze statického větného korpusu je ulehčena tím, že všechny věty v tomto korpusu se řídí jedním a tím samým větným rámcem navrženým v kapitole 4, kde byl vytvářen statický větný korpus. Aby byla zachována stejná struktura vět, bude se postup generování řídit tím samým větným rámcem. Anotovaná data ve statickém větném korpusu mají přidružený morfologický tag a syntakticko-analytický funktor specifikující, jakou funkci daná slova v rámci věty plní. Cílem generátoru tedy není nic jiného, než využít slova dostupná ve vybraných větách k vytvoření nových vět, které se budou řídit námi definovanou syntakticko-analytickou strukturou (analytickým stromem), kterou pro lepší přehlednost znovu uvádíme na obrázku níže.



Obrázek 6.1 Navržený větný rámec ve formě analytického stromu.

### 6.1.1 Podmínky syntaktické korektnosti

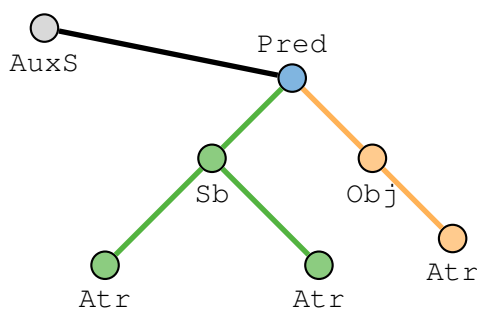
Aby bylo možné vygenerovat syntakticky korektní větu, je důležité uvědomit si, jakým způsobem jsou na sobě jednotlivé uzly analytického stromu závislé a co je v rámci této závislosti třeba sledovat a dodržet. Při výběru frází do statického větného korpusu jsem na větné členy hledaných vět kladl speciální požadavky, které generování nových vět nyní značně ulehčí, a jsou to:

1. Predikát (Pred) je v přítomném, budoucím či minulém čase v aktivním přičestí.
2. Podmět (Sb) je v singuláru.
3. Předmět (Obj) je v akuzativu (4. pád).

Definovaný analytický strom lze rozdělit na tři části: predikátový uzel, větev podmětu a větev předmětu, viz obrázek 6.2. Proces generování syntakticky korektní věty může být přirovnán k postupnému skládání tohoto analytického stromu. Závislosti zaručující syntaktickou korektnost jsou závislé na tom, v jaké části stromu je jeho skládání započato. Bude-li postup veden shora, výběr zástupců pro uzly se řídí následujícími pravidly: V případě, že je opomenut kořen věty (AuxS), nejvíce nadřazeným uzlem stromu je predikát zastupující přísudek.

Podmět musí respektovat jmenný rod a číslo predikátu, tedy hodnoty jeho morfologického tagu na 3. a 4. pozici. V rámci větve podmětu je pak nutné, aby oba jeho rozvíjející členy, tedy přívlasky, zachovávaly stejné číslo, jmenný rod a pád, tedy 3. až 5. pozice morfologického tagu daného podmětu.

Předmět musí respektovat, s jakým pádem se predikát může vázat. Jelikož jsou ale všechny předměty ve statickém větném korpusu v akuzativu, lze na predikát navázat libovolný předmět. V rámci větve, kterou předmět a jeho přívlasky tvoří, pak už stačí jen zachovat stejné číslo a pád ve vazbě mezi předmětem a jeho přívlaskem. Při určování přívlasky předmětu je tedy nutné sledovat 4. a 5. pozici morfologického tagu daného předmětu.



**Obrázek 6.2** Analytický strom rozdělený na tři části: predikátový uzel (modrý), podmětová větev (zelená) a předmětová větev (oranžová).

Při skládání větné struktury, resp. analytického stromu, je možné zvolit libovolný uzel jako počáteční. Díky navržené struktuře vět je nutné hlídat pouze základní mluvnické kategorie zakódované v morfologickém tagu každého ze slov. Je-li přidáván uzel jako potomek jiného uzlu, je třeba dbát na zachování podmínek uvedených výše. Pokud má být přidávaný uzel rodičovským uzlem, musí být při výběru zohledněna morfologie aktuálního uzlu.

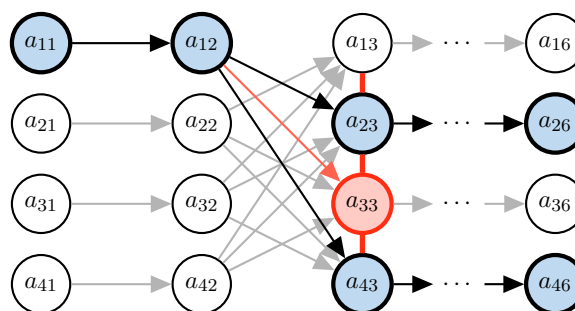
### 6.1.2 Výběr vhodných jednotek a jejich konkatenace

Na základě navrženého paradigmatu je cílem generovat syntakticky korektní věty, jejichž struktura bude složena z určitého počtu atomárních částí (původních vět), z čehož ve výsledné větě vznikne

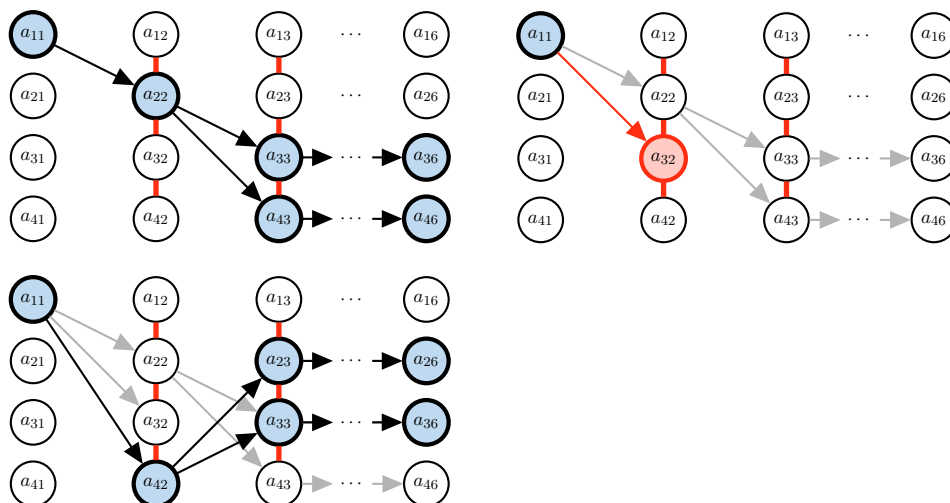
daný počet možných sémantických chyb. Věta z jedné atomární části představuje nezměněnou původní větu ze statického větného korpusu. Věta ze dvou atomárních částí je složena ze dvou různých vět tak, že určitý úsek věty pochází z jedné věty a zbytek z jiné. V místě spoje těchto atomárních částí je pak místo ke vzniku sémantické chyby. Tímto způsobem je snahou vygenerovat věty až do stavu, kdy každé slovo generované struktury pochází z jiné věty. Je tedy možné dosáhnout maximálně pěti takovýchto chyb ve vygenerované větě se šesti slovy, což je maximum navrženého statického větného korpusu.

Při hledání vhodných kandidátů pro novou větu lze vybrané věty ze statického větného korpusu reprezentovat jako graf a postup skládání jako orientované hrany mezi uzly. Tyto hrany grafu poté značí, že je relace mezi danými uzly uskutečnitelná se zachováním syntaktické korektnosti. Tyto spoje vzniknou, jsou-li splněny podmínky definované v předchozí sekci. Požadovaná chyba, resp. chyby, jsou umístěny vždy mezi dvě slova. Jelikož i z pouhých 20 vybraných vět lze vzájemnou kombinací jejich slov vygenerovat obrovské množství vět, rozhodl jsem se možnosti generátoru jistým způsobem omezit. Abych zamezil přílišné expanzi vygenerovaných vět, které by mohly být odlišné třeba jen v jediném slově, generátor se během vytváření již nikdy nevrací do věty, ze které již v minulosti při přechodu čerpal. Na základě tohoto omezení je tedy nutné mít vždy k dispozici více zdrojových vět, než je požadovaný počet vkládaných chyb. Při průchodu grafem je důležité zaznamenávat si cestu průchodu, aby byla zachována informace o tom, jaké slovo pochází z té které věty. Tato informace je zaznamenávána do definovaného průchodového vektoru  $\vec{p}$ . Průchod grafem se řídí následujícím rekurzivním algoritmem (viz obrázek 6.3):

1. Iterativně ( $i = 1, \dots, N$ ) vybírej uzly  $a_{i1}$  a pro každý se přesuň do kroku 2.
2. Pro uzel  $a_{ij}$  pokračuj ve vodorovném směru, dokud není na následujícím uzlu  $a_{(i+1)j}$  určený práh.
3. Zjistí, do jakých uzlů  $a_{(i+1)j}$  s prahem můžeš expandovat, tj. je zachována syntaktická korektnost a z dané řádky  $i$  ještě nebylo expandováno do jiných uzlů.
4. Přesuň se postupně do všech uzlů  $a_{ij} = a_{(i+1)j}$  z bodu 2 opakuj rekurzivně akci 1 a 2, dokud nedojdeš na konec grafu  $a_{i6}$ , kde je ukončena rekurze (v kroku 1 se posuň na další krok iterace  $a_{(i+1)1}$ , je-li to možné).



**Obrázek 6.3** Ukázka prvního průchodu grafem při generování nových vět ze 4 vybraných vět ze statického větného korpusu a s požadovanou jednou chybou, jež byla umístěna mezi druhé a třetí slovo větné struktury (červená svíslá čára). V tomto případě je kvůli definovanému přechodu expandován uzel  $a_{12}$  do uzlů se zachováním podmínek daných algoritmem. Červená šipka a uzel znázorňuje, že do uzlu  $a_{33}$  je sice možné expandovat, ale nebyla by zachována syntaktická korektnost, tudíž je tato možnost zavržena a dále se v této větvi nepokračuje. Stejným způsobem, jak je zde vizualizováno, by se graf procházel s počátečními uzly  $a_{i1}$ ,  $i \in \{2, 3, 4\}$  (šedé šipky). Se základem v první větě jsou tedy v tomto případě vygenerovány dvě nové věty s jednou chybou.



**Obrázek 6.4** Ukázka prvního průchodu grafem při generování nových vět ze 4 vybraných vět ze statického větného korpusu s požadovanými dvěma chybami (červené svislé čáry). První uzel expanduje do následujících uzlů, přičemž u uzlu  $a_{32}$  není splněna podmínka syntaktické korektnosti (červená šipka a uzel) a tudíž další expanze z tohoto uzlu neproběhne. Při první iteraci (počáteční uzel  $a_{11}$ ) tedy generátor vrací 4 nové věty.

## 6.2 Možnosti generátoru vět

Pro účely experimentální procedury tak, jak je navržena v rámci této práce, je postačující, aby byl generátor schopný vygenerovat šestislovná spojení s postupně zvyšujícím se počtem chyb. S cílem přidat generátoru jistou robustnost, implementoval jsem generátor tak, aby byl schopný generovat věty na základě dvou vstupních argumentů:

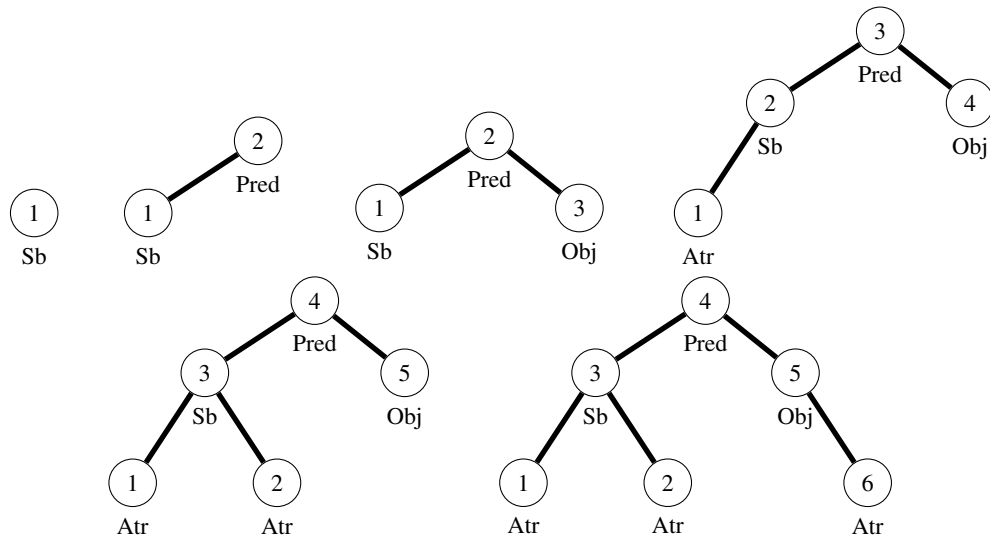
1. Počet slov  $W$ , jež má výsledná věta obsahovat.
2. Počet možných zanesených sémantických chyb  $G$ , které má výsledná věta obsahovat.

Je jasné, že počet chyb musí být menší, než počet požadovaných slov, tj.  $G < W$ , kde  $\max G = W - 1$ ,  $\min W = 1$ . Maximální počet slov je dán počtem slov ve větách ve statickém větném korpusu, tedy  $\max W = 6$ . Tato variabilita může být velmi užitečná v případě, kdy by bylo třeba pozměnit paradigma experimentální procedury, popřípadě by bylo možné použít nástroj i pro jiné experimenty využívající takovéto stimuly.

### 6.2.1 Generování na základě počtu slovních jednotek věty

Při určení parametru požadovaného počtu slov jsou pro vygenerování výsledné věty použity jen určité uzly analytického stromu. Zvyšující se počet vyžadovaných slov tak lze přirovnat k postupnému skládání celého analytického stromu. Výběr prvků pro postupné skládání by mohl být pseudonáhodný, já se však rozhodl vytvořit deterministický postup skládání analytického stromu, aby generované výrazy zohledňovali základní větnou skladbu, jak je vyobrazeno na obrázku 6.5. Jednoslovný výraz tak tvoří podmět, dvouslovný pak základní skladební dvojice, tedy podmět a přísudek. U trojslovného výrazu je za přísudek zavěšen předmět. Čtyř- a víceslovné výrazy jsou pak tvořeny postupným rozvojem podmětu či předmětu pomocí přívlasků. Při generování vět tak generátor zohledňuje strukturu požadované věty, tj. jejího analytického stromu. Příklad skládání slov je uveden v tabulce 6.1.

Je však nutné zmínit velice důležitý vedlejší efekt, který při požadavku na počet slov vygenerované věty může vzniknout. Je-li vyžadováno vygenerovat věty s méně slovy, než mají věty ve statickém větném korpusu a které byly tudíž i nahrány v nahrávací aplikaci (viz kapitola 5), v některých případech není možné docílit zpětného sestavení původní věty a tudíž ani přirozené řeči v syntéze. Jelikož je ale tato funkcionality nad rámec práce a v navržené experimentální proceduře počet slov nebude snižován, řešení této situace ponechám do budoucna na základě případné změny paradigmatu.

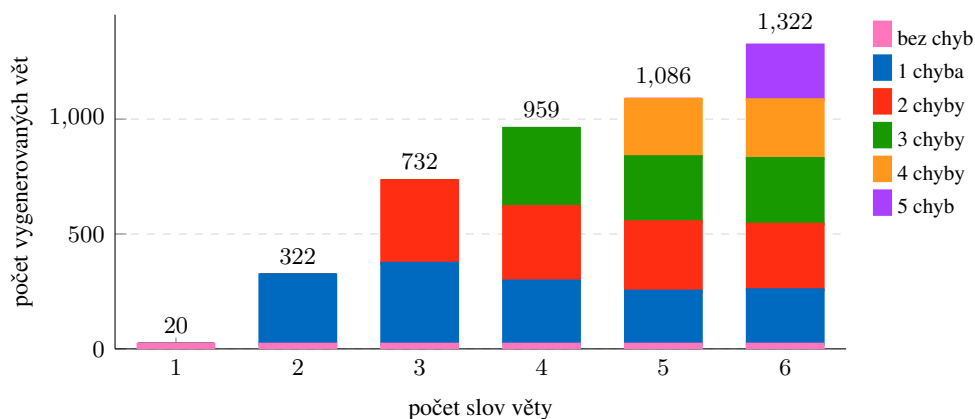


**Obrázek 6.5** Navržený způsob postupného skládání analytického stromu. Čísla v uzlech značí pořadí daného elementu ve výsledné větné struktuře.

<i>W</i>	Atr	Atr	Sb	Pred	Atr	Obj
1			buňka			
2			buňka	udržuje		
3			buňka	udržuje		aktivitu
4	funkční		buňka	udržuje		aktivitu
5	funkční		buňka	udržuje	stálou	aktivitu
6	funkční	vlásková	buňka	udržuje	stálou	aktivitu

**Tabulka 6.1** Ukázka postupného skládání věty „*funkční vlásková buňka udržuje stálou aktivitu*“ na základě principu, jež je vyobrazen na obrázku 6.5.

Je na místě také zmínit, že požadovaný počet slov celkem razantně ovlivňuje (celkový) počet možných vygenerovaných výrazů. To je doloženo i na obrázku 6.6, kde je ukázáno, kolik různých vět je možné vygenerovat z 20 vybraných vět ze statického korpusu v závislosti na počtu zvolených slov výsledných výrazů. I tak jsou ale čísla poměrně vysoká a možnost výběru vygenerovaných vět pro experiment tedy stále široká.



**Obrázek 6.6** Počet vygenerovaných vět v závislosti na požadovaném počtu slov výsledné věty.

## 6.2.2 Generování na základě počtu požadovaných chyb

Druhým parametrem generátoru je počet požadovaných chyb zavedených do vygenerovaných vět. V praxi to znamená počet prahů mezi uzly grafu při procházení vět statického větného korpusu tak, jak jsem definoval v sekci 6.1. V defaultním nastavení produkuje generátor všechny možné věty, od nezměněných vět (tj. původní přirozený jazyk) až po věty složené z jednotlivých atomárních částí pocházejících z různých vět (5 chyb). Pokud tedy není parametr určen manuálně, je nastaven automaticky. Místa, kde má dojít k expanzi uzlů při průchodu grafem jsou reprezentována vektorem prahů  $\vec{t}$ , přičemž má následující vlastnosti:

- Hodnota vektoru  $\vec{t}$  se skládá z logických jedniček a nul, kde logické jedničky značí místo, kde má dojít k expanzi uzlu do všech možných následovníků, zatímco logická nula značí, že se má pokračovat v té samé úrovni grafu.
- $\dim \vec{t} = W_s$ , kde  $W_s$  je počet slov zdrojových vět.
- První hodnota vektoru  $\vec{t}$  je vždy logická nula, neboť předěl před prvním slovem nelze vytvořit.
- Velikost vektoru musí být stejná, jako je požadovaný počet chyb, tj.  $|\vec{t}| = G$ .

Automatické či manuální umístění prahů je dáno tím, zdali je hodnota vektoru vytvořena pseudonáhodně, nebo je zadána manuálně.

### Automatické (náhodné) rozložení prahů

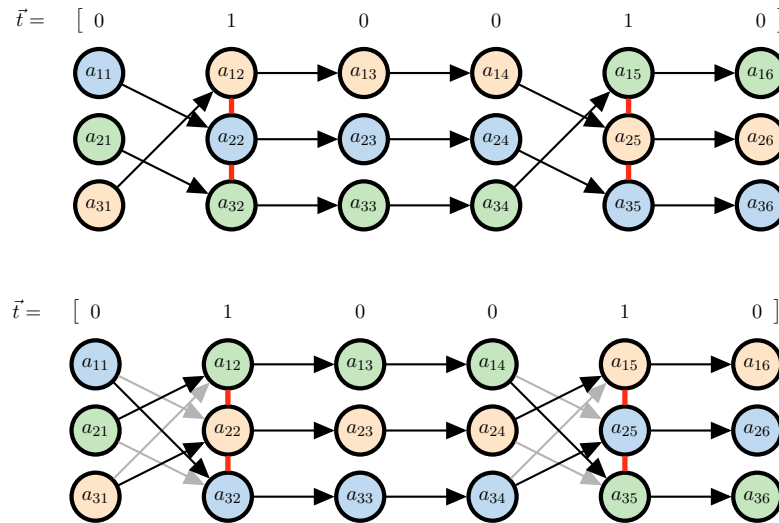
Pokud není vyžadován vlastní vektor  $\vec{t}$ , je rozložení logických nul a jedniček určeno pseudonáhodně v závislosti na požadovaném počtu slov a vložených chyb v generovaných frázích. Pro šestislovná spojení se dvěma požadovanými chybami tak může vektor  $\vec{t}$  vypadat následovně:

$$\vec{t} = [0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0].$$

Tento vektor splňuje všechny podmínky, tj.  $\dim \vec{t} = 6, |\vec{t}| = 2$ . Vektor značí, že před uzly  $a_{i2}$ , resp.  $a_{i5}$  ( $i = 1, \dots, N$ , kde  $N$  představuje počet zdrojových vět pro generování) musí dojít k expanzi do uzlů  $a_{i2}$ , resp.  $a_{i5}$  podle algoritmu představeného v 6.1.2. Na obrázku 6.7 je tento příklad ukázán na grafu s výběrem ze 3 zdrojových vět ze statického větného korpusu. Na základě



omezení, že se po expanzi uzlů v grafu již nevracíme do vět, ve kterých jsme byli, jsou 3 zdrojové věty minimum pro možné vygenerování výrazů se dvěma chybami.



**Obrázek 6.7** Ukázka průchodu grafem s automaticky vygenerovaným vektorem prahů  $\vec{t} = [0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]$  ze tří zdrojových vět ze statického větného korpusu. Teoreticky (jsou-li splněny všechny podmínky pro generování syntakticky korektní věty) lze vygenerovat až 6 nových vět.

### Manuální rozložení prahů

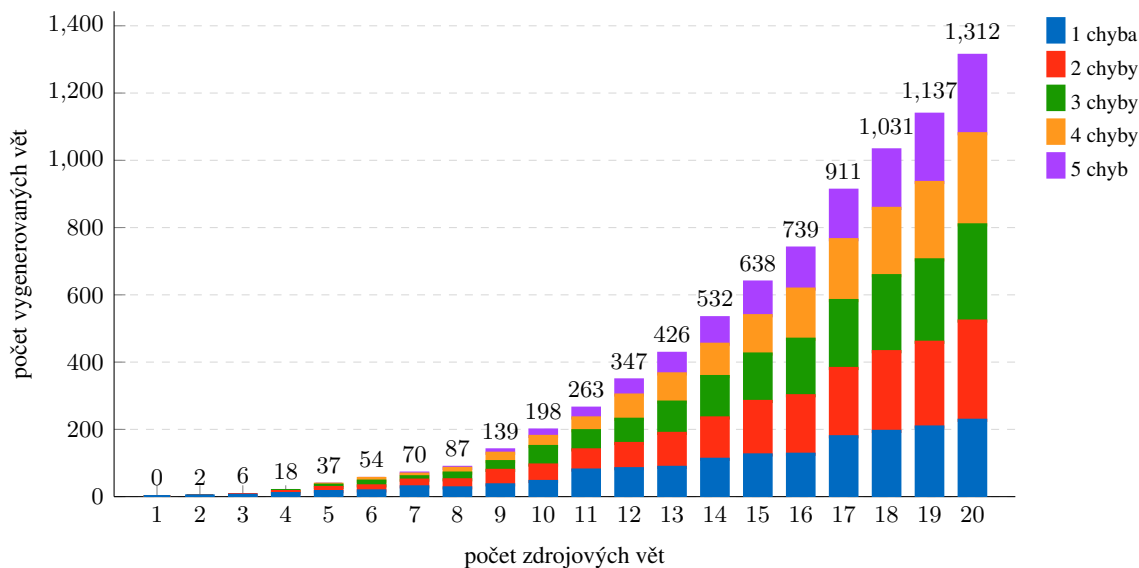
Pro manuálně definované rozložení prahů je nutné generátoru předat vlastní vektor prahů  $\vec{t}$ , jež splňuje všechny podmínky své definice. V případě, že je tento vektor generátoru předán jako argument, budou všechny vygenerované věty respektovat umístění předělů na základě vlastního vektoru  $\vec{t}$ . Při manuálním nastavení prahového vektoru  $\vec{t}$  je nutné respektovat počet slov generovaných vět, aby zůstaly zachovány všechny podmínky z definice vektoru.

### 6.2.3 Ukládání vygenerovaných frází

Nové vygenerované syntakticky korektní fráze coby výstup generátoru jsou ukládány do CSV souboru. Ke každé vygenerované větě je připojeno několik informací, které jsou důležité pro poslední nástroj, jímž je syntetizér a generátor výsledné zvukové stopy pro vyšetření na fMRI. Ke každé vygenerované větě jsou připojeny následující informace:

- identifikátor věty,
- počet chyb vyskytujících se v dané větě (typ stimulu),
- přesné znění vygenerované věty,
- z jaké původní věty je věta vygenerována (tj. identifikátor věty počátečního uzlu  $a_{i1}$ ),
- vektor s identifikátory uzlů (přechodový vektor  $\vec{p}$ ) popisující cestu grafem k vygenerování dané věty, viz 6.1.2. Tento vektor je stěžejní pro syntetizér, neboť na jeho základě jsme schopni najít správné řečové jednotky a ve správném pořadí je poté konkaténovat.

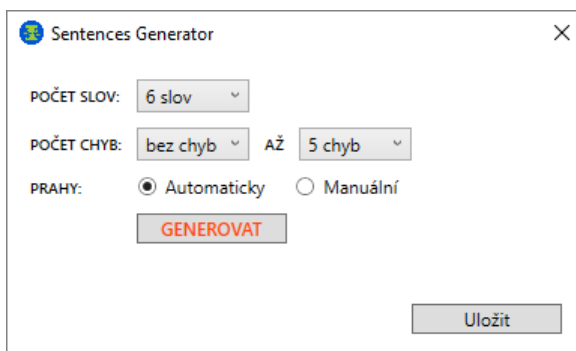
Při generování frází hraje také důležitou roli množství zdrojových vět vybraných ze statického větného korpusu. Pro účely experimentální procedury tak, jak je navržena, je nutné vybrat 20 vět, ale nástroje samozřejmě umožňují vybrat a pracovat s libovolným množstvím vět. V grafu na obrázku 6.8 je patrný trend, kdy zvyšující se množství zdrojových vět znatelně navyšuje i počet nových vygenerovaných vět, a to ve všech pěti skupinách reprezentujících počet chyb ve větě.



**Obrázek 6.8** Počet různých vygenerovaných vět v závislosti na počtu zdrojových vět (ze statického větného korpusu) pro generátor. I přes fdefinované omezení má růst exponenciální trend, né však tak strmý.

### 6.3 GUI pro generátor vět

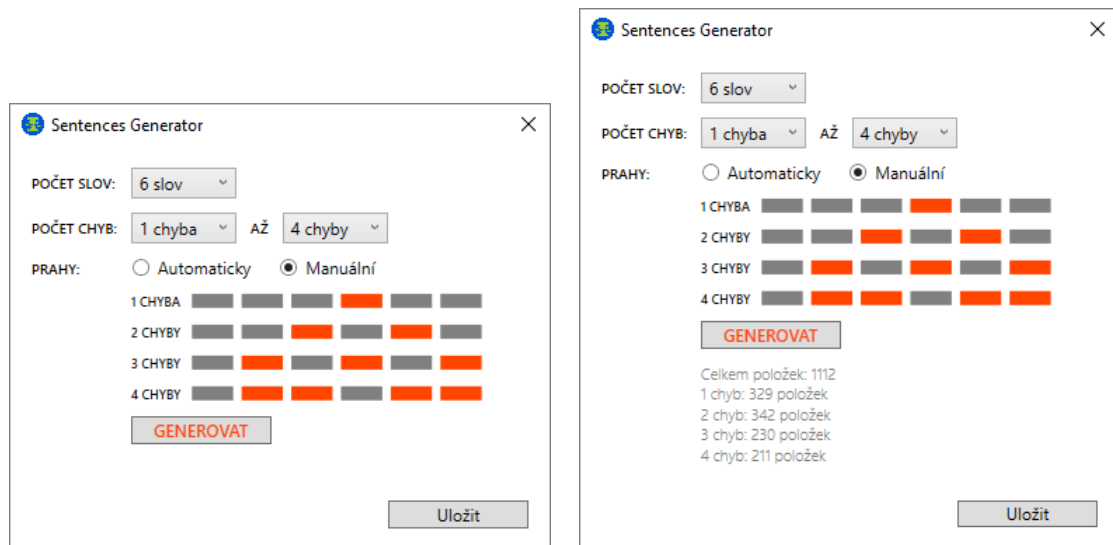
Abych ovládání a nastavení generátoru co nejvíce zjednodušil, vytvořil jsem jednoduché a přehledné grafické uživatelské rozhraní přímo integrované do nástroje *Corpus Manager* (viz sekce 4.3.2). Uživatel tak může ihned pracovat s větami, které v této aplikaci vybral ze statického větného korpusu, případně věty obměňovat a v přímé návaznosti generovat novou množinu vět. Obrázek 6.9 poskytuje náhled na základní formulář generátoru. Uživatel si zde může nastavit požadovaný počet slov vygenerovaných frází a rozsah zaváděných chyb. V defaultním nastavení se generují všechny věty se šesti slovy od přirozené řeči až po věty složené z jednotlivých atomárních částí pocházejících z různých vět, tedy tak, jak to požaduje experimentální procedura navržená v této práci.



**Obrázek 6.9** Základní podoba GUI generátoru syntakticky korektních vět. Okno poskytuje jednoduché nastavení požadovaného počtu slov a vkládaných chyb ve výsledných generovaných větách, včetně možnosti nastavení umístění prahů.

Okno generátoru taktéž nabízí možnost volby automatického či manuálního určení prahů, tj. v jakých místech výsledné věty se mají nacházet chyby. Volba automatického, popřípadě manuálního

rozložení prahů je implementována tak, jak jsem popsal v sekci 6.2.2. Pro manuální nastavení prahů jsem vytvořil jednoduchou grafickou vizualizaci (obrázek 6.10), jež zároveň slouží jako jakýsi editor manuálního rozložení prahů. Na základě požadovaného počtu vkládaných chyb je třeba určit, v jakých místech, tj. u jakých slov (znázorněno obdélníčkem) má dojít k přechodu do jiných uzlů v přechodovém grafu. Po vygenerování se do formuláře vypíše celkový počet vygenerovaných vět a počet vygenerovaných vět pro každou skupinu reprezentující počet chyb v příslušných větách. Vygenerované věty je samozřejmě možné uložit do souboru CSV pomocí dialogového okna. Stručný popis ovládání generátoru vět je také uveden v dokumentaci nástroje *Corpus Manager* v příloze A.



**Obrázek 6.10** Okno generátoru při manuálním určování prahů (vlevo). Šedé obdélníčky značí jednotlivá slova výsledné věty, přičemž ty červeně zbarvené značí práh, tj. logickou jedničku ve vektoru  $\vec{t}$ . Po vygenerování nových vět se v dolní části okna zobrazí informace k vygenerovaným větám (vpravo).

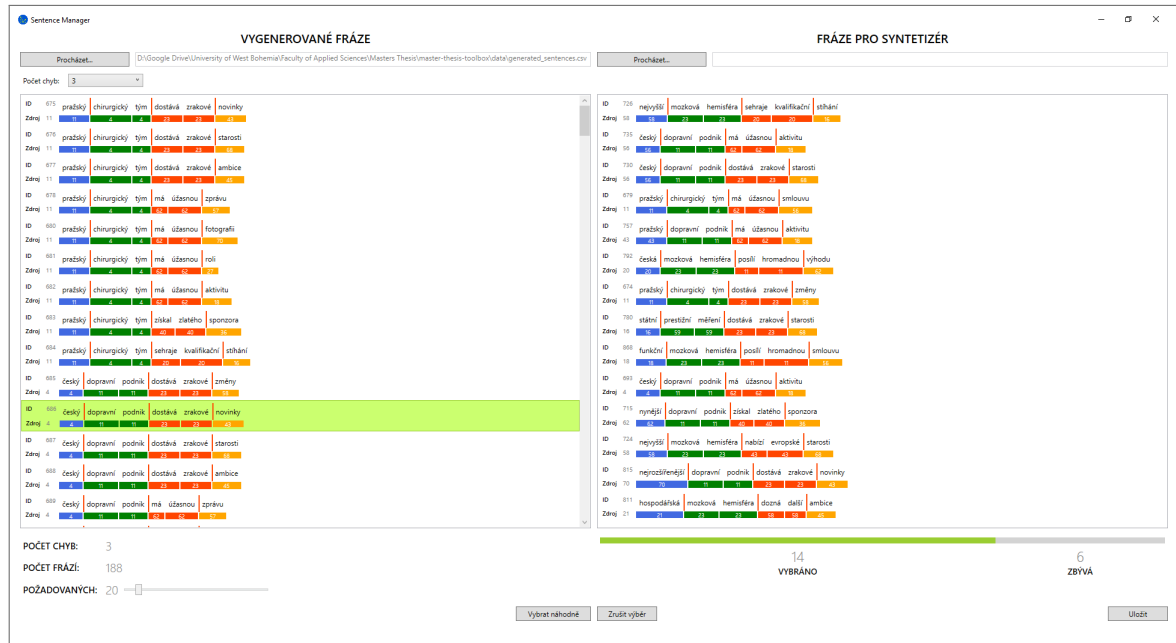
## 6.4 Správce generovaných vět

Výstupem generátoru je i přes jeho částečné omezení velké množství nových vět, do kterých je zaveden požadavý počet chyb. Při generování věty však nemusí vzniknout sémantická chyba, jsou-li shodou náhod vybrány generátorem takové slovní jednotky, jejichž konkatencí vznikne syntakticky i sémanticky korektní věta. Aby mohl experimentátor vybrat vhodné věty pro experimentální proceduru, vytvořil jsem speciální aplikaci *Sentence Manager*, která slouží právě pro správu a výběr vět z množiny vygenerovaných frází. Stručná dokumentace této aplikace je uvedena v příloze B.

Tato aplikace umožňuje rozčlenění vygenerovaných vět podle počtu vnesených sémantických chyb, tj. od původních vět ze statického větného korpusu až po maximálně narušené věty sestávající z jednotlivých atomárních částí. Technicky vzato jde o prohlížeč výstupního souboru generátoru vět, jež je integrován v aplikaci *Corpus Manager*. Hlavním účelem navržené aplikace je interpretovat základní informace o vygenerovaných větách a umožnit experimentátorovi snadný výběr vět pro experimentální proceduru.

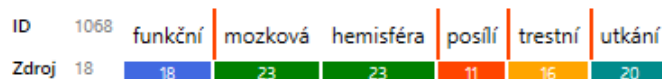
V základu je aplikace nastavena tak, že experimentátor musí ze všech skupin (přirozená řeč až  $N$  sémantických chyb) vybrat stejné množství frází. Jestliže je tedy vybráno 20 vět ze statického větného korpusu, pro finální stopu s auditivními stimuly je třeba vybrat 20 frází z každé skupiny.

Výsledná stopa pak bude obsahovat 120 auditivních stimulů. Vybrané fráze poslouží jako vstup pro syntetizér řeči. Velmi důležitou funkcionalitou aplikace je možnost ukládat, načítat a měnit databázi vybraných frází pro experiment. Díky tomu lze uchovávat pro všechny pacienty stejnou množinu frází pro experimentální proceduru, případně ji poupravit a opětovně uložit.



**Obrázek 6.11** Grafické uživatelské rozhraní aplikace *Sentence Manager*. Po načtení souboru s vygenerovanými větami (výstupní soubor generátoru vět) jsou jednotlivé věty graficky reprezentovány položkami seznamu. Výběrem vět tvoříme množinu vstupních dat pro syntetizér a generátor zvukové stopy pro fMRI vyšetření.

Vygenerované věty, resp. věty vybrané pro diagnostický proces, jsou reprezentovány položkami seznamu s jednoduchou grafickou vizualizací, viz obrázek 6.12. Díky tomu jsou ke každé vygenerované větě přehledně dostupné základní informace, jako je přesné znění věty, mezi jakými slovy se nachází praha a z jakých vět statického větného korpusu jednotlivá slova pocházejí.



**Obrázek 6.12** Reprezentace vygenerované věty jako položky seznamu v aplikaci *Sentence Manager*. Barevné obdélníčky zřetelně odlišují jednotlivé úseky fráze pocházející z určité věty statického větného korpusu (číslo ve prostředku značí identifikátor věty ve statickém větném korpusu), červené svíslé čáry znázorňují místo, kde je vnášena chyba skokem do jiné věty (práh).

## Kapitola 7

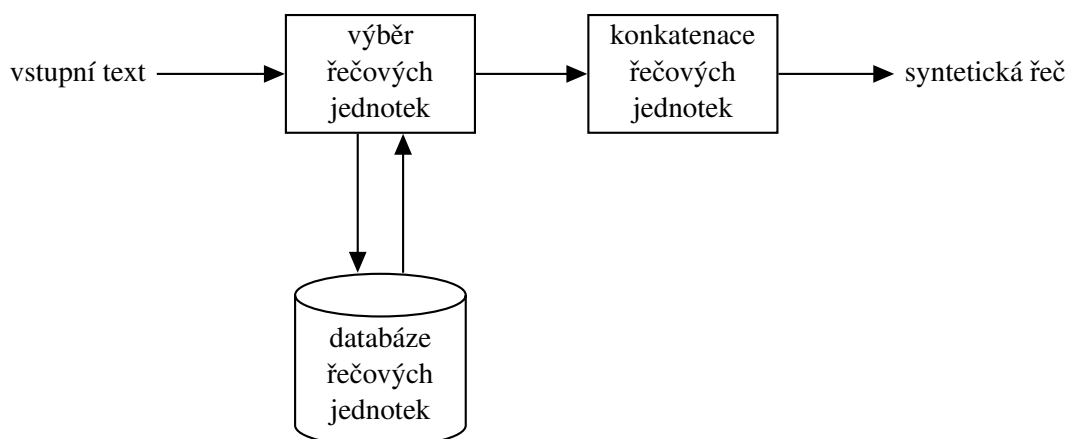
# Syntetizér řeči a editor stimulů

Doposud představené nástroje tvoří víceméně sadu aplikací pro experimentátory a vyšetřované subjekty pro získání dat potřebných pro samotné experimentální vyšetření pomocí fMRI. Nyní je cílem vytvořit z výstupů nástrojů popsaných v předchozích kapitolách dlouhou akustickou stopu s auditivními stimuly pro navržené experimentální měření. Konkrétně je třeba využít nahrané věty vybrané ze statického korpusu pro vytvoření akustické reprezentace vybrané množiny vět získaných pomocí generátoru (viz předešlá kapitola) a konkatenačí těchto auditivních stimulů do jedné finální akustické stopy.

### 7.1 Doménově specifická syntéza řeči výběrem jednotek

Pro vytvoření auditivních stimulů z vygenerovaných frází jsem se rozhodl použít jednoduchou implementaci systému převodu textu na řeč (TTS) pomocí konkatenační syntézy řeči výběrem jednotek. Principem zmíněné syntézy je řetězení (konkatenace, odtud název konkatenační syntéza řeči) segmentů řeči z inventáře řečových jednotek do požadované formy na vstupu TTS systému. Tím, že konkatenační syntéza používá řečové jednotky coby části přirozeného jazyka řečníka, výsledná syntetická řeč je jistým napodobením jeho přirozené promluvy.

Pro navrženou experimentální proceduru tak byla realizována neparametrická doménově omezená konkatenační syntéza bez jakýchkoli modifikací akustického signálu. Schéma funkce takto zjednodušeného syntetizéru je vyobrazeno na obrázku 7.1.



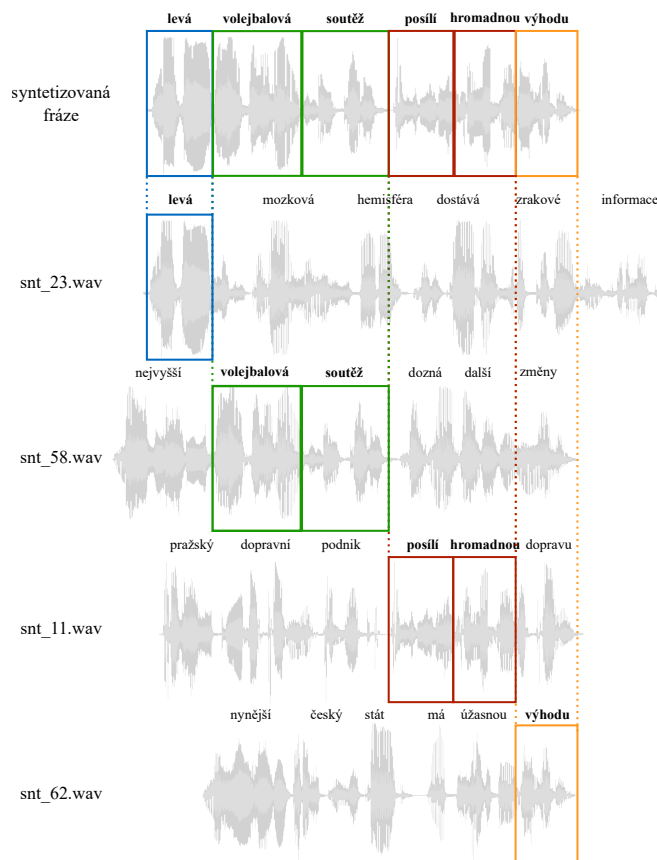
**Obrázek 7.1** Zjednodušené schéma implementovaného TTS systému s konkatenační syntézou řeči výběrem jednotek. Databáze řečových jednotek byla segmentována manuálně na úrovni slov tak, jak to vyžaduje navržená experimentální procedura.

Vstupní informací navrženého syntetizéru jsou jednotlivé vygenerované věty vybrané pro fMRI měření. Výstupem syntetizéru jsou pak vytvořené syntetické promluvy, jež představují výsledné auditivní stimuly pro finální akustickou stopu pro experimentální vyšetření na fMRI. Vstupní informace pro syntetizér obsahuje kromě znění požadované fráze také informaci o tom, z jaké zdrojové nahrávky mají být daná slova vybrána (vektor získaný průchodem grafu a výběrem vhodných jednotek při generování frází, viz sekce 6.1.2). Dále jsou pro každou zdrojovou promluvu v řečovém korpusu dostupné hranice jednotlivých řečových jednotek získané manuální segmentací (viz sekce 5.3). S využitím těchto informací jsou tak z příslušných zvukových souborů vybrány konkrétní segmenty řeči a následně konkaténovány do výsledné formy. Tento proces je výstižně ilustrován na obrázku 7.2 na příkladové větě:



V případě výše uvedené věty je ve výstupu generátoru uložen průchodový vektor  $\vec{p}$ , který obsahuje informace o tom, z jaké původní věty ze statického větného korpusu bylo slovo na dané pozici (ve vektoru) při procesu generování vybráno:

$$\vec{p} = [23 \quad 58 \quad 58 \quad 11 \quad 11 \quad 62]$$

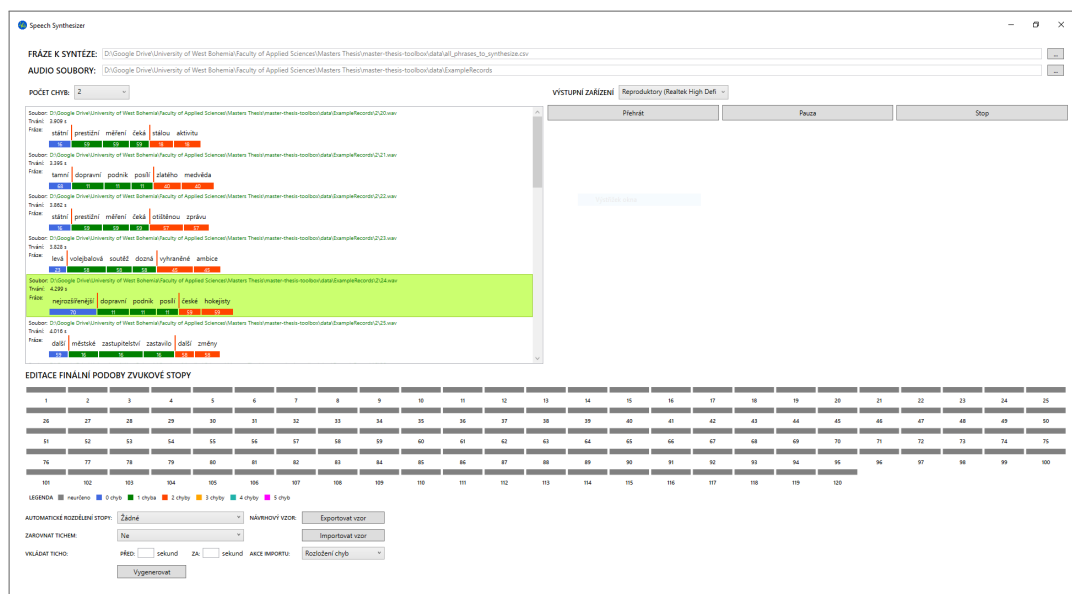


**Obrázek 7.2** Ilustrace principu výběru řečových (slovních) jednotek ze zdrojových nahrávek a jejich konkaténace do výsledné formy syntetizované fráze. Syntetizovaná fráze „levá volejbalová soutěž posílí hromadnou výhodu“ byla vygenerována a složena ze čtyř původních vět uvedených na obrázku pod syntetizovanou frází. V syntetizované frází se tak vyskytují 3 chyby na švech mezi slovními celky pocházejícími z jiných zdrojových promluv. Hranice řečových jednotek jsou určeny při segmentaci.

## 7.2 Editor výsledné akustické stopy

Jelikož odezva jedinců na auditivní stimuly je v této fázi přípravy hypotetická, není zcela jasné, jaké faktory auditivních stimulů mohou jejich vnímání při vyšetření ve fMRI pozitivně či negativně ovlivňovat. Při generování finální akustické stopy tak mohou hrát zásadní roli třeba i faktory jako způsob rozložení auditivních stimulů ve finální nahrávce či jejich vzájemná vzdálenost. Nejen z tohoto důvodu jsem se rozhodl vytvořit nástroj, který experimentátorovi sestavování finální akustické stopy zjednoduší, zpřehlední a poskytne určitou flexibilitu při jejím vytváření. Z technického pohledu se jedná o finalizační nástroj, jenž využívá výstupy všech předešlých nástrojů k vytvoření auditivních stimulů a jejich následnou konkatenaci do jedné dlouhé nahrávky určené pro vyšetření na fMRI. Vytvořený nástroj, jehož GUI je zobrazeno na obrázku 7.3, byl označen jako *Speech Synthesizer*, neboť syntéza řeči je tím hlavním, co nástroj provádí. Cílem tvorby uvedeného nástroje je poskytnout experimentátorovi následující funkcionality:

- Syntéza připravených a vybraných frází vygenerovaných generátorem syntakticky korektních vět. Syntetizované věty budou představovat jednotlivé auditivní stimuly pro experimentální měření na fMRI.
- Editace rozložení auditivních stimulů ve finální akustické stopě, a to automatické i manuální.
- Možnost uložení či načtení vzoru rozložení auditivních stimulů pro případ, že by experimentální procedura vyžadovala použití stejného vzoru u všech vyšetřovaných subjektů.
- Vkládání pauz před a/nebo za auditivní stimul z fyziologických či technických důvodů daných vyšetřením na fMRI.
- Konkatenace syntetizovaných auditivních stimulů do výsledné akustické stopy pro fMRI vyšetření.
- Vygenerování doprovodných souborů k akustické stopě obsahujících veškeré informace o auditivních stimulech.



**Obrázek 7.3** Grafické uživatelské rozhraní aplikace *Speech Synthesizer* implementující TTS systém pomocí konkatenací syntézy řeči výběrem jednotek, editor auditivních stimulů akustické stopy a několik dalších možností editace finální akustické stopy pro experimentální měření na fMRI.

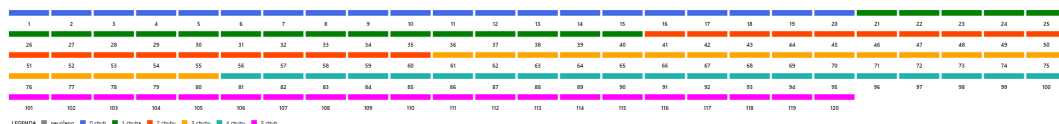
## 7.2.1 Editace rozložení stimulů

Jak jsem již zmínil, rozložení stimulů může hrát při experimentálním měření důležitou roli a je na místě počítat s tím, že bude třeba toto rozložení měnit. U experimentální procedury ve stavu, v jaké je navržena v této práci, není prozatím zcela jasné, jaké rozložení auditivních stimulů ve finální akustické stopě pro vyšetření ve fMRI bude poskytovat nejlepší výsledky. To bude třeba experimentálně zjistit. Prozatím tak lze alespoň připravit nástroj tak, aby bylo možné rozložení stimulů kontrolovat. Do nástroje tak byl implementován jednoduchý editor finální akustické stopy reprezentovaný interaktivními bločky. Jednotlivé bločky reprezentují auditivní stimuly výsledné nahrávky, přičemž u každého auditivního stimulu je možné určit, jaký typ stimulu (podle počtu vložených sémantických chyb) bude představovat. Počet bločků, resp. stimulů, odpovídá počtu vygenerovaných vět vybraných pro experiment v nástroji *Sentence Manager* (viz sekce 6.4). Při editaci auditivních stimulů finální akustické stopy je možné použít buďto přednastavené vzory rozložení, nebo vytvořit zcela nový vzor.

### Přednastavené vzory rozložení

Přednastavené vzory rozložení představují určité ulehčení práce pro experimentátora při vytváření akustické stopy. Tyto automaticky vytvářené vzory představují základní schémata, jež pro experimentální měření na fMRI připadají v úvahu. Mezi přednastavené vzory rozložení patří:

1. **Blokové rozložení stimulů.** Auditivní stimuly jsou ve finální akustické stopě rozloženy od přirozené řeči až po maximálně sémanticky narušené fráze, přičemž všechny stimuly stejného typu jsou skládány těsně za sebe. Ve finální stopě se tak postupně navyšuje počet sémantických chyb u auditivních stimulů. Na obrázku 7.4 je ukázka tohoto rozložení pro navrženou experimentální proceduru.



Obrázek 7.4 Auditivní stimuly blokově uspořádané přes celou výslednou stopu pro vyšetření na fMRI.

2. **Střídané rozložení stimulů.** Finální akustická stopa je tvořena opakujícími se úseky stimulů, u kterých se postupně zvyšuje počet vložených chyb (od přirozené řeči až po fráze s nejvyšším možným počtem sémantických chyb). Tyto úseky jsou napojovány na sebe. Ve finále tak vzniká akustická stopa, kde jsou jednotlivé typy stimulů rovnoměrně rozloženy po celé stopě, ovšem jen v případě, že je stejný počet stimulů ve všech skupinách (počet vložených chyb). Střídavé rozložení stimulů je ilustrováno na obrázku 7.5.



Obrázek 7.5 Auditivní stimuly uspořádané střídavě přes celou výslednou stopu.

3. **Náhodné (pseudonáhodné) rozložení stimulů.** V případě, že by u fMRI vyšetření nezáleželo na konkrétním rozložení auditivních stimulů, popřípadě by předchozí vzory nebyly



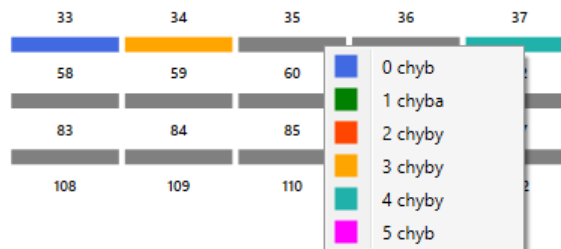
vhodné, je možné stimuly rozmístit ve finální akustické stopě pseudonáhodně. Je nutné si uvědomit, že u pseudonáhodného rozložení je výsledkem vždy jiné rozmístění stimulů. Požaduje-li experiment náhodné rozložení stimulů, ale stejné pro všechny vyšetřované subjekty, je možné si náhodně vygenerovaný vzor uložit a poté jej pouze načítat (viz dále). Na obrázku 7.6 je ukázka náhodně vygenerovaného vzoru.



**Obrázek 7.6** Auditivní stimuly uspořádané pseudonáhodně v celé výsledné stopě.

### Manuální rozložení stimulů.

Editor rozložení stimulů nabízí i možnost nastavit daný úsek (reprezentovaný bločkem) manuálně. Při stisknutí na interaktivní bloček se vyvolá kontextová nabídka, která uživateli nabízí možnost výběru ze všech skupin stimulů, kde je alespoň jeden dostupný nepřirazený stimul. Při výběru je na danou pozici vybrán náhodný stimul z dané množiny dostupných auditivních stimulů. V případě, že jsou všechny stimuly z dané skupiny již umístěny ve finální akustické stopě, kontextová nabídka tento stimul nenabízí, dokud není někde odebrán. Kontextová nabídka vyvolaná kliknutím na interaktivní prvek je zachycena na obrázku 7.7. Editor dovoluje využít přednastavené vzory rozložení, u kterých pak experimentátor může libovolně měnit a přeskládat jednotlivé stimuly k obrazu svému. Výsledkem tak může být libovolný vzor pro experimentální měření ve fMRI.



**Obrázek 7.7** Příklad vyvolaného kontextového menu při kliknutí na interaktivní prvek editoru stimulů. U jednotlivých prvků je možné vybrat jeden z dostupných typů stimulů, případně jej odebrat, pokud je kontextová nabídka vyvolána u prvku, který má již auditivní stimul přiřazen.

### Ukládání a načítání vzorů

Vyšetření na fMRI může vyžadovat specifické rozložení auditivních stimulů, a bude tedy nutné stimuly ve finální akustické stopě rozmístit manuálně, jak je popsáno výše. Zároveň však může být vyžadováno použití stejného vytvořeného vzoru u všech vyšetřovaných subjektů. Nejen z tohoto důvodu je ve vytvořené aplikaci umožněno navržené vzory rozložení ukládat a načítat do/z externích souborů (viz obrázek 7.8 vpravo). Pro načítání vzorů je navíc možné jednu z následujících možností:

1. Importovat pouze rozložení typu auditivních stimulů ve finální akustické stopě. Na dané pozice pak bude náhodně přiřazen nějaký auditivní stimul odpovídající danému typu ve vzoru.

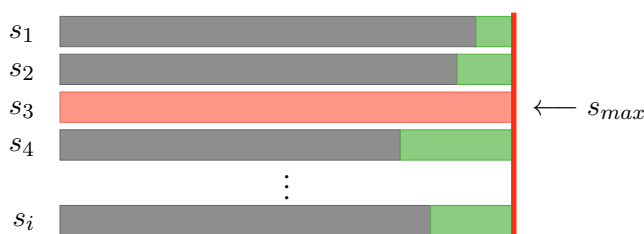
2. Importovat rozložení auditivních stimulů včetně informace, jaký auditivní stimul je na dané pozici. Pro všechny prvky finální akustické stopy je tak nastaven odpovídající auditivní stimul, čímž lze získat nejen stejné rozložení stimulů ve finální akustické stopě, ale je také zajištěno, že budou na daných pozicích auditivní stimuly se stejným obsahem.

## 7.2.2 Generování akustické stopy pro fMRI vyšetření

Aplikace *Speech Synthesizer* ve své dolní části poskytuje možnosti nastavení generátoru finální akustické stopy (obrázek 7.8). Pro generovanou stopu lze nastavit, zda se mají nahrávky zarovnat tichem podle té nejdelší a/nebo jak dlouhé pauzy se mají vkládat mezi jednotlivé auditivní stimuly při jejich konkatenci.

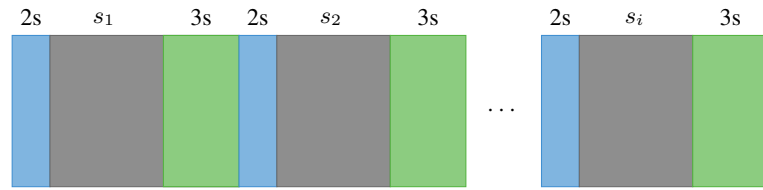
**Obrázek 7.8** Nastavení generátoru finální akustické stopy pro fMRI vyšetření. V levé části je nastavení ovlivňující export akustické stopy, v pravé části již popsané načítání a ukládání vzorů rozložení.

Při zvolení možnosti zarovnání stimulů tichem jsou všechny auditivní stimuly  $s_i$  zarovnány podle nejdelšího stimulu ve vybrané množině dat. Princip zarovnávání je ilustrován na obrázku 7.9. V dané množině auditivních stimulů je nalezen nejdéle trvající stimul  $s_{max}$ . Ke všem ostatním stimulům  $s_i \neq s_{max}$  je poté přidáno ticho tak, aby byly všechny stimuly stejně dlouhé.



**Obrázek 7.9** Vizualizace principu zarovnávání auditivních stimulů ve výsledné akustické stopě podle nejdelšího z nich. Červený obdélník reprezentuje auditivní stimul s nejdelším trváním. K ostatním stimulům je pak přidáno ticho tak, aby byly jednotlivé stimuly stejně dlouhé.

Před exportem finální akustické stopy je možné taktéž specifikovat, zda má být vkládáno ticho určité délky (v sekundách) před a/nebo za jednotlivé auditivní stimuly při jejich konkatenci tak, jak je ilustrováno na obrázku 7.10. Při vyšetření je třeba brát na zřetel čas, který fMRI potřebuje na zpracování získaných skenů a rychlost proudění krve. Vkládání ticha je proto důležité zejména z technických a fyziologických důvodů, jak je zmíněno již při návrhu experimentální procedury v sekci 3.2.



**Obrázek 7.10** Vizualizace konkatence jednotlivých auditivních stimulů  $s_i$  vkládání pauz před (modrá) a za (zelená) jednotlivé auditivní stimuly ve finální akustické stopě.

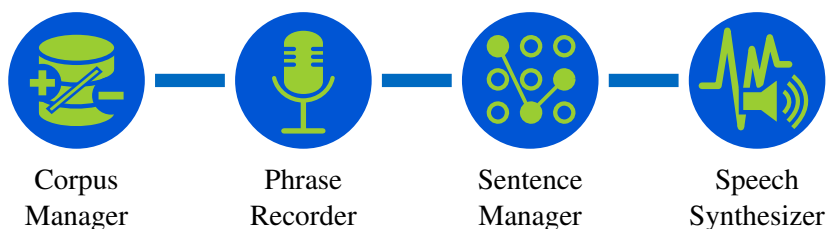
Po konkatenci jednotlivých auditivních stimulů je výsledná akustická stopa exportována do jediného zvukového souboru ve formátu `*.wav`, jenž bude přehráván vyšetřovaným subjektům během vyšetření na fMRI. Zpracování a analýza získaných skenů bude již v režii pracovníků NUDZ, kde budou tato vyšetření probíhat, neboť k tomu mají náležitý software a zkušenosti. Pro závěrečnou analýzu však bude pravděpodobně nutné mít informace o prezentovaných auditivních stimulech – časová rozmezí jednotlivých stimulů, o jaký typ stimulu se jedná a v jakých částech a časech stimulu se nacházejí vnesené chyby. Z tohoto důvodu je při exportu finální akustické stopy vygenerován CSV soubor, který všechny tyto informace v přehledné struktuře uchovává. Souhrnná a stručná dokumentace nástroje *Speech Synthesizer* je uvedena v příloze C.

# Kapitola 8

## Závěr

Hlavním cílem této práce bylo vytvořit sadu snadno ovladatelných nástrojů, jež poslouží k ověření konkretizovaných hypotéz navržených MUDr. Filipem Španielem, Ph. D. pomocí psychiatrického experimentu s využitím fMRI. Výsledkem práce jsou čtyři aplikace (viz obrázek 8.1), jejichž výstupy a data mohou v budoucnu tvořit důležitou část procesu tvorby jednoho z prediktorů k možnému diagnostickému nástroji schizofrenie. Vytvoření těchto nástrojů vyžadovalo nejen získání obecného přehledu o průběhu nemoci a současných způsobech diagnostiky, léčby a neurobiologickém pozadí nemoci, ale také konkretizaci a bližší specifikaci postupu ověření navrhovaných hypotéz. Po konzultaci s odborníky byla jako nástroj pro experimentální měření zvolena funkční magnetická rezonance, jež dovoluje sledovat neurologické odezvy mozku na určité stimuly. Konkretizace experimentálního protokolu a hypotéz vyžadovala řešerši mnoha vědeckých studií zabývajících se funkčním zobrazováním mozku jedinců se schizofrenií. Na základě těchto studií pak byly vytvořeny základní předpoklady experimentální procedury a upřesněny cíle této práce, zejména pak přesné požadavky na potřebné nástroje.

První hypotézou k ověření pomocí navržené experimentální procedury je odlišná odezva jedinců se schizofrenií během vyšetření na fMRI při kognitivním zatěžování auditivními stimuly. Tyto stimuly jsou reprezentovány syntakticky korektními větami, avšak se záměrně vloženým určitým počtem sémantických chyb, které jsou následně převedeny na akustický signál konkatenací syntézou řeči vytvořenou přímo z hlasu vyšetřovaného jedince. Nástroje připravené v rámci této práce slouží právě pro přípravu těchto auditivních stimulů. Druhou hypotézou je, že jedinci se schizofrenií budou hůře rozeznávat, zda je daný auditivní stimul jejich přirozenou řečí, nebo zda se jedná o syntézu řeči (i zde věty obsahují sémantické chyby) s jejich hlasem.



**Obrázek 8.1** Čtveřice aplikací tvořící páteřní nástroje pro tvorbu dat pro experimentální proceduru. Aplikace *Corpus Manager* v sobě zahrnuje generátor syntakticky korektních vět, pro jejichž správu a výběr slouží nástroj *Sentence Manager*. Nástroj *Phrase Recorder* slouží k získávání řečového signálu frází vybraných v *Corpus Manageru*. *Speech Synthesizer* zahrnuje syntetizér řeči a editor výsledné akustické stopy s auditivními stimuly pro měření na fMRI.

Jelikož forma auditivních stimulů navržená v této práci nemusí být při reálném klinickém měření zcela vhodná, byla u nástrojů při jejich vývoji vytvořena značná flexibilita v nastavení jednotlivých nástrojů, jež dovoluje získat různé výstupy podle konkrétních požadavků experimentátora. Lze tak vytvořit auditivní stimuly různé délky, od jednoslovných výrazů až po šestislovné věty.

## 8.1 Dosažené výsledky

Nejdůležitější cíle práce lze shrnout do seznamu, což poskytuje ucelenější a přehledný způsob prezentace dosažených výsledků:

- Na základě rešerše dosavadního výzkumu na poli neurobiologických strukturálních změn a odlišného vnímání určitých stimulů u jedinců se schizofrenií byl konkretizován původní experimentální protokol a iniciální hypotézy navržené MUDr. Filipem Španielem, Ph. D. (kapitola 3).
- Byl vytvořen statický větný korpus (kapitola 4) z anotovaných dat Pražského závislostního korpusu (PDT 3.0), jež představuje základní zdroj dat pro generátor syntakticky korektních českých vět a syntetizér řeči.
- Pro usnadnění výběru vět ze statického větného korpusu byla vytvořena aplikace *Corpus Manager* (sekce 4.3.2).
- Pro získání řečových dat pro syntetizér byla využita aplikace *Phrases Recorder*, která byla pro účely experimentální procedury mírně upravena. Popis aplikace a jejích základních aspektů je shrnut v kapitole 5.
- Do aplikace *Corpus Manager* byl integrován generátor syntakticky korektních frází (kapitola 6) z vět vybraných přímo ze statického větného korpusu. Pro snazší nastavení generátoru byl vytvořeno přehledné GUI (sekce 6.3).
- Pro usnadnění výběru podmnožiny vět z rozsáhlé množiny vygenerovaných frází byla vytvořena aplikace *Sentence Manager* (sekce 6.4), která přehledným způsobem vizualizuje informace o vygenerovaných větách (počet vnesených chyb) a umožňuje ukládat a načítat vybranou podmnožinu vět, které slouží jako vstupní informace pro syntetizér.
- Pro generování auditivních stimulů z vybrané podmnožiny vygenerovaných vět byla vytvořena aplikace *Speech Synthesizer* implementující jednoduchou konkatenáční syntézu řeči výběrem jednotek (kapitola 7). Součástí aplikace je taktéž editor výsledné akustické stopy pro fMRI vyšetření dle návrhu experimentální procedury (sekce 7.2). Díky tomuto editoru je možné editovat rozložení vytvořených auditivních stimulů ve finální akustické stopě.

## 8.2 Návrh na pokračování výzkumu

Ačkoliv byly všechny vytyčené cíle práce splněny, připravené nástroje je nutné otestovat a vhodnost postupu navržené experimentální procedury verifikovat. Ověření navrženého postupu a hypotéz budou muset provést odborní pracovníci Národního ústavu duševního zdraví v Klecanech u Prahy, v jejichž spolupráci je tato práce realizována. K ověření bude nutné získat dostatečný počet dobrovolníků, a to jak z řad pacientů s již diagnostikovanou schizofrenií (experimentální skupina), tak z řad jedinců, kteří touto nemocí prokazatelně netrpí (kontrolní skupina). Potvrdí-li se navržené hypotézy a zpracované výsledky z měření na fMRI budou odpovídat očekávání, rozhodne se o dalším postupu. V případě, že by navržený postup nebo proces vytváření auditivních stimulů nevedl k hypotetizovaným výsledkům, bude třeba pozměnit paradigma experimentální procedury a nástroje upravit na základě získaných praktických zkušeností a znalostí. Tak či onak, výstupy této práce mohou hrát velice důležitou roli v dalším výzkumu diagnostiky a léčby schizofrenie.

# Literatura

- [1] Academia Medica Pragensis s.r.o.: ITAREPS: Program prevence relapsu psychotických onemocnění. online, 2007.
- [2] American Psychiatric Association: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. online, 2017. Dostupné online: <https://www.psychiatry.org/psychiatrists/practice/dsm>
- [3] Bankovská Motlová, L.; Španiel, F.: *Schizofrenie: Jak předejít relapsu aneb terapie pro 21. století*. Mladá fronta a. s., druhé vydání, 2013, ISBN 978-80-204-2993-3.
- [4] Bejček, E.; Hajičová, E.; Hajič, J.; et al.: Prague Dependency Treebank 3.0. online, 2013, LINDAT/CLARIN digital library at the Institute of Formal and Applied Linguistics, Charles University. Dostupné online: <http://hdl.handle.net/11858/00-097C-0000-0023-1AAF-3>
- [5] Buda, M.; Fornito, a.; Bergstrom, Z. M.; et al.: A Specific Brain Structural Basis for Individual Differences in Reality Monitoring. *Journal of Neuroscience*, ročník 31, č. 40, 2011: s. 14308–14313, ISSN 1529-2401, doi:10.1523/JNEUROSCI.3595-11.2011. Dostupné online: <http://www.jneurosci.org/cgi/doi/10.1523/JNEUROSCI.3595-11.2011>
- [6] Burns, T.: *Psychiatry: A very short introduction*. Oxford University Press Inc., New York, první vydání, 2006, ISBN 978-0-19-280727-4.
- [7] Chhabra, H.; Sowmya, S.; Sreeraj, V. S.; et al.: Auditory false perception in schizophrenia: Development and validation of auditory signal detection task. *Asian Journal of Psychiatry*, ročník 24, 2016: s. 23–27, ISSN 18762026, doi:10.1016/j.ajp.2016.08.006. Dostupné online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajp.2016.08.006>
- [8] Chlebus, P.; Mikl, M.; Brázdil, M.; et al.: Funkční magnetická rezonance - Úvod do problematiky. *Neurologie pro praxi*, ročník 3, 2005: s. 133–139. Dostupné online: <http://www.neurologiepropraxi.cz>
- [9] Fusar-Poli, P.; Perez, J.; Broome, M.; et al.: Neurofunctional correlates of vulnerability to psychosis: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, ročník 31, č. 4, 2007: s. 465–484, ISSN 01497634, doi:10.1016/j.neubiorev.2006.11.006.
- [10] Garrison, J. R.; Bond, R.; Gibbard, E.; et al.: Monitoring what is real: The effects of modality and action on accuracy and type of reality monitoring error. *Cortex*, ročník 87, č. iv, 2017: s. 108–117, ISSN 19738102, doi:10.1016/j.cortex.2016.06.018. Dostupné online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2016.06.018>

- [11] Garrison, J. R.; Fernandez-Egea, E.; Zaman, R.; et al.: Reality monitoring impairment in schizophrenia reflects specific prefrontal cortex dysfunction. *NeuroImage: Clinical*, ročník 14, 2017: s. 260–268, ISSN 22131582, doi:10.1016/j.nicl.2017.01.028.
- [12] Hajič, J.; Panevová, J.; Buránová, E.; et al.: Anotace na analytické rovině. Návod pro anotátory. Technická zpráva TR-2004-23, ÚFAL/CKL MFF UK, 2004.
- [13] Hana, J.; Zeman, D.; Hajič, J.; et al.: Manual for Morphological Annotation: Revision for the Prague Dependency Treebank 2.0. Technická zpráva TR-2005-27, ÚFAL MFF UK, 2005.
- [14] Helena, K.: *Psychiatrické minimum*. Grada Publishing, as, 2013, ISBN 978-80-247-4733-0.
- [15] Henriksson, K. M.; McNeil, T. F.: Health and development in the first 4 years of life in offspring of women with schizophrenia and affective psychoses: Well-Baby Clinic information. *Schizophrenia Research*, ročník 70, č. 1, 2004: s. 39–48, ISSN 09209964, doi:10.1016/j.schres.2003.11.003.
- [16] Hyman, S. E.: A glimmer of light for neuropsychiatric disorders. *Nature*, ročník 455, č. 7215, 2008: s. 890–893, ISSN 0028-0836, doi:10.1038/nature07454. Dostupné online: <http://www.nature.com/doifinder/10.1038/nature07454>
- [17] ICD10Data.com: ICD-10-CM Diagnosis Codes for Schizophrenia F20-. online. Dostupné online: <http://www.icd10data.com/ICD10CM/Codes/F01-F99/F20-F29/F20->
- [18] Kompus, K.; Westerhausen, R.; Hugdahl, K.: The "paradoxical" engagement of the primary auditory cortex in patients with auditory verbal hallucinations: A meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Neuropsychologia*, ročník 49, č. 12, 2011: s. 3361–3369, ISSN 00283932, doi:10.1016/j.neuropsychologia.2011.08.010. Dostupné online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.08.010>
- [19] Krupa, P.; Pažourková, M.: Zobrazovací metody v neurologii. *Neurologie pro praxi*, ročník 3, 2005: s. 128–132. Dostupné online: <http://www.neurologiepropraxi.cz>
- [20] Li, X.; Branch, C. a.; DeLisi, L. E.: Language pathway abnormalities in schizophrenia: a review of fMRI and other imaging studies. *Current opinion in psychiatry*, ročník 22, č. 2, 2009: s. 131–139, ISSN 0951-7367, doi:10.1097/YCO.0b013e328324bc43.
- [21] Masoudzadeh, A.; Khalilian, A.; Hosseini, S. H.: Comparative study of clozapine, Electroconvulsive Therapy (ECT), and the combination of ECT with clozapine in treatment-resistant schizophrenic patients. *Iranian Journal of Psychiatry and Behavioral Sciences*, ročník 1, č. 1, 2007: s. 7–11, ISSN 17358639, doi:10.1093/epirev/mxn001, 0402594v3.
- [22] Matoušek, J.; Romportl, J.; Tihelka, D.; et al.: Recent Improvements on ARTIC : Czech Text-to-Speech System. In *Interspeech 2004 - ICSLP 8th International Conference on Spoken Language Processing*, ICC Jeju, Jeju Island, Korea, 2004, s. 1933–1936.
- [23] Mikulová, M.; Bémová, A.; Hajič, J.; et al.: Anotace na tektogramatické rovině Pražského závislostního korpusu. Anotátorská příručka. *Praha: UFAL MFF*, 2005.



- [24] Munkner, R.; Haastrup, S.; Joergensen, T.; et al.: The temporal relationship between schizophrenia and crime. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 2003: s. 347–353, ISSN 09249338, doi:10.1016/S0924-9338(02)80618-6.
- [25] National Institute of Health: Estimates of Funding for Various Research, Condition, and Disease Categories (RCDC). online, 2017. Dostupné online: [https://report.nih.gov/categorical\\_spending.aspx](https://report.nih.gov/categorical_spending.aspx)
- [26] Nechanská, B.; Jann, J.; Slábová, V.; et al.: Psychiatrická péče 2015. *Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR*, 2016: str. 124, ISSN 1210-8588.
- [27] Nelson, T. J.; Sun, M.-K.; Alkon, D. L.: *Cognitive Enhancement*. Elsevier, 2015, ISBN 9780124170421, 376 s., doi:10.1016/B978-0-12-417042-1.00002-4. Dostupné online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124170421000024>
- [28] Nobel Media AB: John F. Nash Jr. - Biographical. online, 2014. Dostupné online: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/economic-sciences/laureates/1994/nash-bio.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/1994/nash-bio.html)
- [29] NUDZ: Národní ústav duševního zdraví. online, 2017. Dostupné online: <http://www.nudz.cz/>
- [30] Nuechterlein, K. H.; Green, M. F.; Kern, R. S.; et al.: The MATRICS consensus cognitive battery, part 1: Test selection, reliability, and validity. *American Journal of Psychiatry*, 2008: s. 203–213, ISSN 0002953X, doi:10.1176/appi.ajp.2007.07010042.
- [31] van Os, J.; Kapur, S.: Schizophrenia. *The Lancet*, 2009: s. 635–645, ISSN 01406736, doi:10.1016/S0140-6736(09)60995-8.
- [32] Osby, U.; Correia, N.; Brandt, L.; et al.: Mortality and causes of death in schizophrenia in Stockholm County, Sweden. *Schizophrenia Research*, ročník 45, č. 1-2, 2000: s. 21–28, ISSN 09209964, doi:10.1016/S0920-9964(99)00191-7.
- [33] Ott, S. L.; Roberts, S.; Rock, D.; et al.: Positive and negative thought disorder and psychopathology in childhood among subjects with adulthood schizophrenia. *Schizophrenia Research*, ročník 58, č. 2-3, 2002: s. 231–239, ISSN 09209964, doi:10.1016/S0920-9964(01)00339-5.
- [34] Pajas, P.: PML Tree Query Documentation for version 0.7.10. online. Dostupné online: [https://ufal.mff.cuni.cz/pmltq/doc/pmltq\\_doc.html](https://ufal.mff.cuni.cz/pmltq/doc/pmltq_doc.html)
- [35] Pajas, P.; Mírovský, J.: PML Tree Query: Tutorial for the PML-TQ web client. online. Dostupné online: [http://ufal.mff.cuni.cz/pmltq/doc/pmltq\\_tutorial\\_web\\_client.html](http://ufal.mff.cuni.cz/pmltq/doc/pmltq_tutorial_web_client.html)
- [36] Pajas, P.; Štěpánek, J.: A Generic XML-Based Format for Structured Linguistic Annotation and Its Application to Prague Dependency Treebank 2.0. Technická zpráva TR-2005-29, ÚFAL MFF UK, 12 2005.

- [37] Saha, S.; Chant, D.; Welham, J.; et al.: A systematic review of the prevalence of schizophrenia. *PLoS Medicine*, ročník 2, č. 5, 2005: s. 0413–0433, ISSN 15491277, doi: 10.1371/journal.pmed.0020141.
- [38] Simons, J. S.; Davis, S. W.; Gilbert, S. J.; et al.: Discriminating imagined from perceived information engages brain areas implicated in schizophrenia. *NeuroImage*, ročník 32, č. 2, 2006: s. 696–703, ISSN 10538119, doi:10.1016/j.neuroimage.2006.04.209.
- [39] Simons, J. S.; Garrison, J. R.; Johnson, M. K.: Brain Mechanisms of Reality Monitoring. *Trends in Cognitive Sciences*, ročník 21, č. 6, 2017: s. 462–473, ISSN 1879307X, doi:10.1016/j.tics.2017.03.012. Dostupné online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2017.03.012>
- [40] Španiel, F.; Vohlídka, P.; Hrdlička, J.; et al.: ITAREPS: Information Technology Aided Relapse Prevention Programme in Schizophrenia. *Schizophrenia Research*, ročník 98, č. 1-3, 2008: s. 312–317, ISSN 09209964, doi:10.1016/j.schres.2007.09.005.
- [41] Takahashi, H.; Ideno, T.; Okubo, S.; et al.: Impact of changing the Japanese term for "schizophrenia" for reasons of stereotypical beliefs of schizophrenia in Japanese youth. *Schizophrenia Research*, 2009: s. 149–152, ISSN 09209964, doi:10.1016/j.schres.2009.03.037. Dostupné online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.schres.2009.03.037>
- [42] Švestka, J.: Mortalita a morbidita u schizofrenie. *Psychiatrie, časopis pro moderní psychiatrii*, ročník 9, 2005, ISSN 1211-7579.
- [43] Wikipedia: Herbert Mullin. online, 2017. Dostupné online: [https://en.wikipedia.org/wiki/Herbert\\_Mullin](https://en.wikipedia.org/wiki/Herbert_Mullin)
- [44] Wikipedia: Pneumoencephalography. online, 2017. Dostupné online: <https://en.wikipedia.org/wiki/Pneumoencephalography>
- [45] Wikipedia: Pozitronová emisní tomografie (PET). online, 2017. Dostupné online: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Pozitronov%C3%A1\\_emisn%C3%AD\\_tomografie](https://cs.wikipedia.org/wiki/Pozitronov%C3%A1_emisn%C3%AD_tomografie)
- [46] World Health Organization: Schizophrenia - Fact Sheet. online, 2016. Dostupné online: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs397/en/>
- [47] Zhu, B.; Ascher-Svanum, H.; Faries, D. E.; et al.: Costs of treating patients with schizophrenia who have illness-related crisis events. *BMC Psychiatry*, 2008: str. 72, ISSN 1471-244X, doi:10.1186/1471-244X-8-72. Dostupné online: <http://bmcp psychiatry.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-244X-8-72>
- [48] ÚZIS: Psychiatrická péče. Online, 2016. Dostupné online: <http://www.uzis.cz/katalog/zdravotnicka-statistika/psychiatricka-pece>
- [49] Zukov, I.; Ptacek, R.; Fischer, S.: Selhání psychiatrické ochranné léčby – vraždící pacient s diagnózou paranoidní schizofrenie. *Česká a slovenská psychiatrie*, 2013: s. 239–245. Dostupné online: <http://www.cspsychiatr.cz/detail.php?stat=907>

## Příloha A

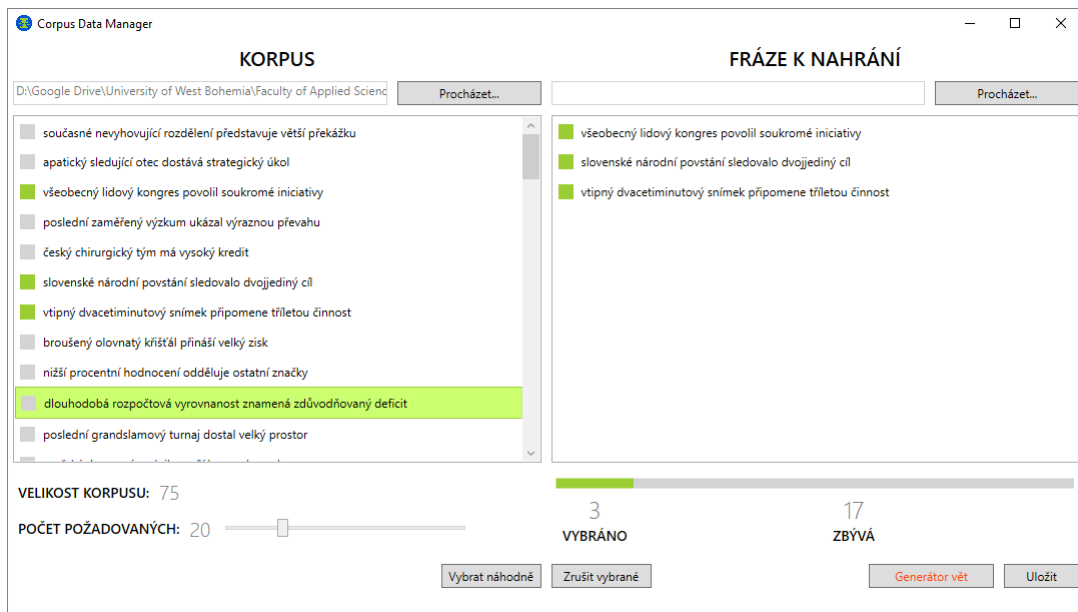
# Dokumentace nástroje Corpus Manager

Aplikace *Corpus Manager* slouží k výběru vět ze statického větného korpusu, správu vybraných podmnožin vět a díky integrovanému generátoru vět s vlastním GUI taktéž pro generování českých syntakticky korektních frází z vybrané množiny vět.

### A.1 Výběr ze statického větného korpusu

Aby bylo možné vybírat fráze, jako první krok je nutné pomocí tlačítka *Procházet...* na levé straně aplikace vybrat soubor *statického větného korpusu* (`*.scorp`). Po jeho načtení se umožní i výběr uložené podmnožiny vybraných frází ze souboru `*.corp` na pravé straně formuláře aplikace. Další dostupné funkcionality aplikace jsou vysvětleny v následujícím bodovém seznamu:

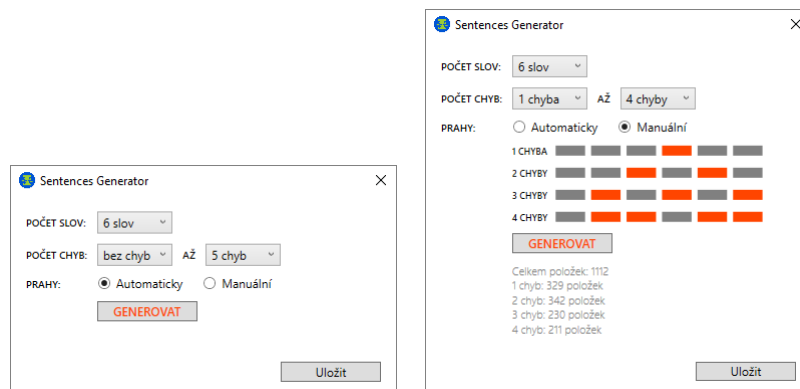
- **velikost korpusu** – udává, kolik vět celkem obsahuje načtený statický větný korpus.
- **počet požadovaných** – udává, kolik vět je nutné pro daný subkorpus vybrat. Posuvníkem lze tento limit měnit (snižovat/zvyšovat). Snižovat limit lze jen do počtu aktuálně vybraných frází, minimum činí jedna věta. Při změně limitu se dynamicky mění i ukazatel počtu, kolik vět je vybráno a kolik jich ještě vybrat zbývá.
- **uložit** – pomocí tlačítka *uložit* lze vybranou podmnožinu frází exportovat do samostatného souboru formátu `*.corp` založeného na formátu CSV. Toto uložení je podmíněno dokončeným výběrem požadovaného počtu frází. Pokud byl v aplikaci načten soubor `*.corp`, může být buď přepsán, nebo výběr uložen jako soubor nový.
- **zrušit vybrané** – zruší všechny vybrané fráze na pravé straně formuláře.
- **vybrat náhodně** – provede pseudonáhodný výběr dat ze statického větného korpusu tak, aby bylo vybráno požadované množství frází.
- **generátor vět** – spustí okno generátoru syntakticky korektních vět. Tlačítko je povoleno ve chvíli, kdy je vybrána minimálně jedna fráze, popř. jsou načteny fráze z externího souboru `*.corp`.



## A.2 Generátor vět

Generátor vět má své vlastní GUI integrované v aplikaci *Corpus Manager*. Díky interaktivním prvkům lze snadno měnit následující nastavení generátoru vět:

- **počet slov** – požadovaný počet slov vygenerovaných frází v rozmezí od 1 slova (podmět) až po plných 6 slov (maximum navrženého statického větného korpusu).
- **počet chyb** – rozmezí  $\langle a, b \rangle$  požadovaného počtu vkládaných chyb, přičemž budou vygenerovány všechny  $N$ -slovné fráze obsahující  $a$  až  $b$  chyb.
- **prahy** – určení míst (slov), u kterých má dojít ke skoku do jiné věty a tím dát možnost vzniku sémantické chyby v daném místě. Nastavení je možné buď **automaticky** (prahy jsou rozmístěny pseudonáhodně) nebo **manuálně** pomocí interaktivních bločků. Při kliknutí (levé tlačítko myši) na daný bloček se na dané pozici (slově) vytvoří práh, případně se odebere, pokud na téže pozici již je.
- **generovat** – vygeneruje všechny možné fráze dle nastavení generátoru, pod tlačítko vypíše počty vygenerovaných vět podle počtu vnesených chyb.
- **uložit** – umožňuje exportovat vygenerované fráze do souboru ve formátu CSV pomocí dialogového okna.



## Příloha B

# Dokumentace nástroje Sentence Manager

Aplikace *Sentence Manager* slouží k procházení, správě a výběru podmnožiny frází pro syntetizér z množiny všech vygenerovaných syntakticky korektních frází z generátoru vět. Pro zobrazení vygenerovaných frází (levá strana aplikace) je nutné pomocí tlačítka *Procházet...* načíst relevantní CSV soubor (exportovaný soubor z generátoru vět). Po načtení daného souboru se umožní i výběr uložené podmnožiny vybraných vygenerovaných frází pro syntetizér na pravé straně aplikace. Další dostupné funkcionality aplikace jsou vysvětleny v následujícím bodovém seznamu:

- **počet chyb** – rozmezí  $\langle a, b \rangle$  požadovaného počtu vkládaných chyb, přičemž budou vygenerovány všechny  $N$ -slovné fráze obsahující  $a$  až  $b$  chyb.
- **počet frází** – celkový počet frází v dané skupině, jež představuje všechny věty s daným počtem vložených chyb.
- **požadovaných** – udává, kolik vět je nutné pro daný subkorpus vybrat. Posuvníkem lze tento limit měnit (snižovat/zvyšovat). Snižovat limit lze jen do počtu aktuálně vybraných frází, minimum činí jedna věta. Při změně limitu se dynamicky mění i ukazatel počtu, kolik vět je vybráno a kolik jich ještě vybrat zbývá.
- **zrušit výběr** – zruší všechny vybrané fráze na pravé straně formuláře.
- **vybrat náhodně** – provede pseudonáhodný výběr dat z množiny vygenerovaných frází v dané skupině tak, aby bylo vybráno požadované množství frází.
- **uložit** – umožňuje exportovat vybrané fráze pro syntetizér do souboru ve formátu CSV pomocí dialogového okna.

The screenshot displays the Sentence Manager application interface. The window is titled "Sentence Manager" and is split into two panes: "VYGENEROVANÉ FRÁZE" (Generated Phrases) on the left and "FRÁZE PRO SYNTETIZÉR" (Phrases for Synthesizer) on the right. The left pane shows a list of generated phrases with columns for ID, source, and words. The right pane shows a list of phrases selected for the synthesizer. At the bottom, there are statistics: "POČET CHYB: 4", "POČET FRÁZÍ: 179", and "POŽADOVANÝCH: 20". A progress bar shows 14 phrases selected and 6 remaining. Buttons for "Vybrat náhodně", "Zrušit výběr", and "Uložit" are visible at the bottom right.

Jednotlivé vygenerované fráze jsou v aplikaci prezentovány jako položky seznamu s grafickou interpretací stěžejních informací (viz obrázek níže). U každé věty je uvedeno ID v rámci množiny všech vygenerovaných vět a Zdroj určující ID věty ve statickém větném korpusu, u které generování začínalo (tj. první slovo pochází z této věty). Červené čáry znázorňují umístění prahů v dané frázi. Jednotlivé atomární části fráze jsou odlišeny barevnými obdélníčky pod jednotlivými slovy fráze s ID věty ze statického větného korpusu, odkud pocházejí.

ID	1068	funkční	mozková	hemisféra	posílí	trestní	utkání
Zdroj	18	18	23	23	11	16	20

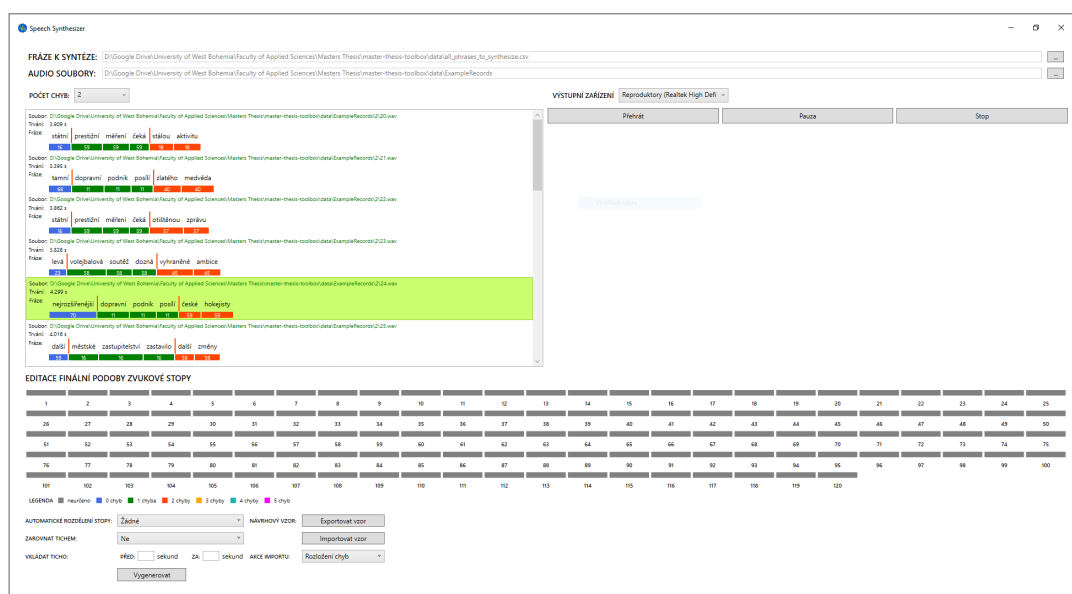
# Příloha C

## Dokumentace nástroje Speech Synthesizer

Aplikace *Speech Synthesizer* slouží k syntéze vybraných vygenerovaných frází a editaci finální akustické stopy obsahující syntetizované auditivní stimuly pro vyšetření na fMRI.

### C.1 Syntéza a přehrávání auditivních stimulů

K možnosti nahlížení vybraných vygenerovaných frází a editaci rozložení auditivních stimulů ve finální akustické stopě je nutné jako první krok načíst soubor s těmito vybranými frázemi (soubor CSV z aplikace *Sentence Manager*). Pro syntézu těchto frází je zapotřebí načíst relevantní složku obsahující akustické stopy vybraných frází ze statického větného korpusu. Tato složka musí navíc obsahovat CSV soubor (se stejným názvem jako daná vybraná složka) informace o hranicích řečových jednotek ze segmentace řeči (viz sekce 5.3). Po načtení se automaticky syntetizují všechny načtené fráze a změnou indikátoru souboru z „Žádná audio data“ na aktuální umístění syntetizované nahrávky v prohlížeči frází na levé straně aplikace.



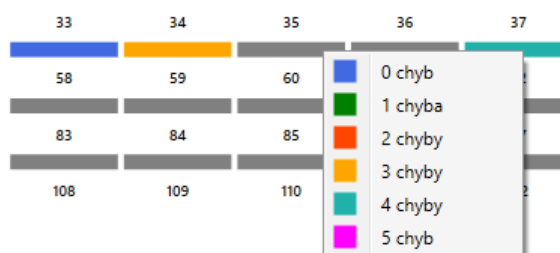
Jsou-li vybrané vygenerované fráze načteny i syntetizovány, lze je při výběru přehrávat pomocí jednoduchého zvukového přehrávače na pravé straně aplikace.

## C.2 Editace rozložení auditivních stimulů finální akustické stopy

Rozložení stimulů může být přednastaveno automaticky pomocí rozbalovacího seznamu automatického rozdělení stopy, jenž nabízí následující možnosti:

1. **Žádné** rozložení – Finální akustická stopa nebude obsahovat žádné auditivní stimuly a již přiřazené stimuly jsou odebrány. Tato funkce je vhodná pro odebrání všech stimulů ze stopy.
2. **Blokové** rozložení – Dostupné auditivní stimuly jsou ve finální akustické stopě rozloženy postupně od přirozené řeči až po fráze obsahující maximální počet sémantických chyb.
3. **Střídavé** rozložení – Dostupné auditivní stimuly jsou ve finální akustické stopě rozloženy ve střídavých blocích, kde jednotlivé stimuly v bloku mají trend zvyšujícího se počtu sémantických chyb (pokud je to možné) a tyto bloky se opakují do vyčerpání dat.
4. **Náhodné** rozložení – Dostupné auditivní stimuly jsou ve finální akustické stopě rozloženy pseudonáhodně.

Rozložení stimulů je taktéž možné určit manuálně, a to kliknutím pravého tlačítka myši na interaktivní bločky editoru finální akustické stopy. Po kliknutí se objeví u daného bločku kontextová nabídka (viz obrázek níže), ze které je možné vybrat nějaký z dostupných auditivních stimulů (resp. z jaké skupiny má být stimul vybrán) nebo stimul na dané pozici odebrat (šedý bloček). Takto lze vytvořit libovolné rozložení auditivních stimulů pro finální akustickou stopu.



Schéma/Vzor rozložení auditivních stimulů ve finální stopě je možné také importovat či exportovat do souboru \*.pattern, a to pomocí tlačítek Exportovat vzor, resp. Importovat vzor. Specifikací akce importu je možné určit, zda má být při importu načten pouze rozložení typů stimulů, nebo i rozložení konkrétních auditivních stimulů.

## C.3 Konkatenace auditivních stimulů a export akustické stopy

Konkatenace auditivních stimulů do finální akustické stopy se provádí automaticky při jejím vygenerování (tlačítko Vygenerovat). Před generováním je však možnost všechny stimuly zarovnat tichem na délku trvání nejdelšího auditivního stimulu, popřípadě přidat ticho před a/nebo za jednotlivé stimuly specifického trvání (v sekundách, viz obrázek níže).

AUTOMATICKÉ ROZDĚLENÍ STOPY:  NÁVRHOVÝ VZOR:

ZAROVNAT TICHEM:

VKLÁDAT TICHO: PŘED:  sekund ZA:  sekund AKCE IMPORTU: